

Section de l'Ingénieur

M.-A. MOREL

LES

MATÉRIAUX ARTIFICIELS

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & CIE

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT



Ce volume est une publication de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : L. ISLER, Secrétaire Général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.

N° 323 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES

MATÉRIAUX ARTIFICIELS

PAR

MARIE-AUGUSTE MOREL

Ingénieur
Ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées
Licencié ès-sciences mathématiques et ès-sciences physiques
Directeur des usines à ciment Portland de Lumbres

PARIS

GAUTHIER-VILLARS,
IMPRIMEUR-ÉDITEUR
Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et Cie, ÉDITEURS,
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain, 120

OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS

DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOPÉDIE

I. Le Ciment armé et ses applications.

II. Les matériaux artificiels.

PRÉFACE

—

Dès son apparition sur la Terre, l'homme a dû habiter les forêts puis les cavernes naturelles, sortes de retraites dont il cachait soigneusement l'entrée afin de se soustraire à la fureur des bêtes féroces.

L'une des premières cavernes explorées a été celle d'Aurignac. Elle contenait plusieurs squelettes humains et un grand nombre d'instruments en pierre et en os.

Les hommes primitifs, doués d'une intelligence supérieure à celle des animaux, ne tardèrent pas à se réunir et à se comprendre. Ils sortirent alors de leurs cavernes et cherchèrent ailleurs un abri contre les intempéries des saisons et l'attaque des animaux sauvages.

Ils demandèrent aux forêts les éléments nécessaires à l'édification de simples et fragiles cabanes qu'ils fixaient à l'aide de pieux solides au milieu des lacs.

Les premiers matériaux furent donc exclusivement fournis par la nature : bois, branches d'arbres, feuilles et terre argileuse. Peut-être faut-il ajouter à cette liste quelques matériaux donnés par les animaux : peaux, fourrures, corne, etc.

Avec le temps, les hommes devinrent de plus en plus habiles dans le maniement des instruments dont ils faisaient usage. Puis, ils cherchèrent plus profondément dans le sol sur lequel ils établissaient leurs habitations et ils ouvrirent les premières carrières.

Dès ce moment apparurent les premières maisons établies solidement, dans la construction desquelles entrèrent les pierres, les briques crues ou cuites.

Plusieurs auteurs prétendent que l'emploi des briques crues date de la plus haute antiquité. On dit même que la tour de Babel aurait été construite avec des briques crues et on fait remonter à cette époque reculée le premier emploi des matériaux artificiels.

D'après Pline, les murs de Babylone étaient faits de briques crues liées entre elles par le bitume qui tenait lieu de mortier.

Dès les premiers temps de l'histoire de la construction et dans tous les pays où il a fondé

un foyer, l'homme a cherché une matière destinée à lier les pierres et les briques avec lesquelles il songeait à édifier sa demeure ou ses monuments.

L'argile, à l'état naturel, a tout d'abord été utilisée comme liant; mais on ne tarda pas à découvrir les défauts de cette matière et on essaya de consolider la masse en la mélangeant avec du sable, du gravier, des coquilles écrasées, parfois aussi avec de la paille ou d'autres matériaux fibreux.

Dans certaines parties du monde, en Asie Mineure notamment, où l'on pouvait facilement obtenir le bitume, on utilisait naturellement ce corps pour cimenter briques et pierres.

La fabrication de la chaux et l'emploi des mortiers ont été connus dès la plus haute antiquité.

Les Égyptiens, les Phéniciens, les Grecs et les Romains ont fait usage de ces mortiers dans la construction de leurs immenses édifices.

Dans sa *Cité de Dieu*, Saint Augustin décrit les phénomènes qui accompagnent l'extinction de la chaux vive.

Pline et Vitruve indiquent dans leurs ouvrages les différentes manières d'employer cette matière, sans distinguer la chaux grasse de la chaux

maigre, qu'ils n'ont peut-être pas connue. Ces mortiers durcissaient à l'air, mais ne pouvaient être employés dans les ouvrages exposés à l'humidité et *a fortiori* destinés à être immergés.

Les Romains ajoutaient alors à la chaux des cendres volcaniques provenant de la ville de Pouzzoles, au pied du Vésuve, et qu'ils appelaient *pulvis putolaneus.* Pline et Sénèque signalent avec une admiration exagérée ces mortiers qui durcissaient sous l'eau et qui sont aujourd'hui connus sous le nom générique de *mortiers à la pouzzolane.*

Ces peuples n'avaient d'ailleurs pas d'autres secrets pour la fabrication des mortiers et c'est à tort qu'on a attribué pendant longtemps à leurs constructions une supériorité mystérieuse sur les maçonneries modernes. Dans un rapport à la Chambre des Députés, Arago a, depuis longtemps, fait justice de ce préjugé pas encore complètement disparu.

Au commencement du XVIIIe siècle, on essaya de refaire du ciment à la manière des Romains ; mais sans résultat appréciable, et ce ne fut qu'en 1756 que John Smeaton, le fameux ingénieur anglais, découvrit le principe de l'hydraulicité dans certaines pierres à chaux.

Les Romains se servirent de la chaux et du ci-

ment non seulement comme liant, mais encore pour faire de véritables pierres artificielles. M. de La Faye, dans un remarquable mémoire sur la préparation de la chaux par les Romains (1778), cite de nombreux passages de Vitruve, où il est question de pierres artificielles en mortier de chaux.

Les anciens, après avoir utilisé la propriété plastique de la terre argileuse pour fabriquer les briques crues, puis les briques cuites, ont donc tenté de remplacer les blocs de pierres naturelles par des blocs de pierres artificielles faits soit sur place, soit à côté des lieux où on les employait.

La découverte des ciments Portland, permit enfin de faire des travaux extrêmement résistants. Non seulement le ciment employé seul a pu servir à la fabrication de nouvelles pierres artificielles et des bétons agglomérés ; mais encore convenablement associé au métal, il a donné naissance à un nouveau mode de construction qui se répand de plus en plus [1].

Les expositions universelles de 1900, à Paris, et de 1902, à Düsseldorf, ont montré tout le parti

---

(1) Voir M. A. Morel. — *Le Ciment armé.* Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire, Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

que l'on peut tirer du ciment armé et des « pierres artificielles ». On peut même dire que ces expositions ont été des consécrations officielles en France et en Allemagne de ces nouveaux procédés de construction.

A la suite de ces matériaux spéciaux, une place considérable a été également occupée à ces expositions universelles, par les nombreux produits de décoration de l'industrie céramique, ainsi que par les multiples agglomérés qui étaient complètement ignorés, il n'y a pas encore beaucoup d'années.

Citons plus particulièrement les briques teintées, les laves émaillées, les faïences, les tuiles vernissées, les briques et les pavés de laitier, les briques de sable, les briques de liège, la pierre de verre, le verre armé, les stucs et staff, les mosaïques de toutes sortes, etc.

Les matériaux artificiels ont pris une telle importance qu'une étude sur leurs natures, leurs propriétés et leurs modes d'emploi s'imposait.

Notre travail comprendra cinq chapitres.

Dans le Chapitre premier, nous parlerons des matériaux semi-artificiels : bitumes, asphaltes, chaux, ciments, plâtre, briques, tuiles, métaux, alliages, etc.

Nous décrirons, dans le Chapitre II, les maté

riaux purement artificiels, qui relèvent directement de la chimie industrielle : verre, opaline, produits céramiques, émaux, produits réfractaires, etc.

Le Chapitre III sera consacré à l'étude des matériaux artificiels associés à l'aide d'une armature métallique : ciment armé, plâtre armé, verre armé, briques armées, etc.

Feront l'objet du Chapitre IV, les matériaux artificiels associés par agglomération à l'aide d'un liant non métallique : mortiers, bétons, pierres artificielles, laitiers de hauts-fourneaux, agglomérés divers, mosaïques, stucs, staff, etc.

Nous passerons enfin en revue, dans le Chapitre V, les matériaux artificiels accessoires, qui n'auront pu trouver place dans les chapitres précédents : enduits, mastics, peintures, tentures, papiers, linoleum, etc.

Quelques-uns des articles que nous venons de citer, ayant déjà fait l'objet d'études spéciales dans l'Encyclopédie des Aide-Mémoire de M. Léauté, nous n'aurons pas à les traiter et nous nous contenterons de prier le lecteur de vouloir bien se reporter aux volumes correspondants de cette collection.

M.-A. Morel.

Lumbres (Pas-de-Calais), juin 1903.

CHAPITRE PREMIER

—

MATÉRIAUX SEMI-ARTIFICIELS

Nous appelons matériaux semi-artificiels, tous ceux que fournit la nature, mais qui ne sont pas employés tels qu'on les extrait du sein de la terre. En général, les modifications que l'on fait subir à ces matériaux ne relèvent pas de la chimie industrielle proprement dite et ne sont obtenus que par l'action de la chaleur seule.

Bitumes. — On désigne sous le nom de *bitumes* des substances qui constituent dans la nature de véritables roches combustibles essentiellement composées de carbures d'hydrogène unis dans différents cas à l'oxygène, au soufre, à l'azote, etc.

Les bitumes sont doués d'une assez grande fusibilité. A l'état liquide, ils répandent une odeur *sui generis*. Solubles dans le sulfure de carbone, leur solubilité dans l'alcool est d'autant moins grande qu'ils se rapprochent davantage de l'état

solide et sont insolubles dans les lessives de potasse.

D'après leur consistance, on distingue le bitume solide, le bitume glutineux et le bitume liquide, auxquels on peut joindre les émanations bitumineuses si fréquentes et si importantes dans les régions des gisements de bitume liquide.

Le bitume liquide est connu depuis les temps les plus reculés, avant l'emploi des feux grégeois, il servait déjà à l'éclairage et au chauffage et il n'y a pourtant pas encore un demi-siècle que l'on a apprécié les richesses pétrolifères de l'ancien monde ainsi que du nouveau.

Le pétrole existe à peu près à tous les étages géologiques. Les principales exploitations existent en Pensylvanie, dans le Caucase et en Moldavie.

Sans nous étendre sur les propriétés des différents pétroles et naphtes, nous devons dire que, dans ces derniers temps, on a cherché à utiliser ces hydrocarbures pour entretenir les chaussées et diminuer, en été, les poussières sur les routes.

En Californie, on se sert de pétrole contenant de 25 à 50 % d'asphalte, pour rendre l'évaporation aussi faible que possible. L'application se fait à chaud, vers 80°. A cette température, le

pétrole brut est très fluide, il se répand très facilement et forme avec la poussière de la route une sorte d'enduit qui se répartit uniformément sur toute la surface de la chaussée et constitue un revêtement ayant l'apparence de l'asphalte.

On a cherché, en France, à substituer au pétrole brut d'Amérique, le *mazout* ou huile lourde de pétrole que l'on obtient en distillant le naphte du Caucase. La chaussée à revêtir est tout d'abord balayée avec soin, puis l'huile lourde préalablement chauffée à 100° est répandue. A l'aide de balais de piassava, des ouvriers favorisent la pénétration du liquide, et une demi-heure après l'étalage, on répand une légère couche de poussière qui s'incorpore à l'enduit. La dépense de premier établissement semble s'élever, d'après les essais faits, à 17 centimes par mètre carré.

Le bitume solide est d'un noir brillant avec reflets rougeâtres. Au dessous de 10°, il casse franchement avec une cassure conchoïde, est un peu élastique jusqu'à 20°, pâteux vers 30° et devient liquide vers 40°. Sa densité est à peu près égale à celle de l'eau. Il existe généralement dans la nature à l'état d'imprégnation de certaines roches et, plus rarement, sous forme d'amas visqueux et solides.

Le bitume s'extrait, en prenant le minerai concassé en petits morceaux d'environ $0^m,07$ à $0^m,08$ de côté et en les jetant dans des chaudières d'eau bouillante où l'on opère un brassage continu. Le bitume vient surnager à la surface et il peut être employé tel que, ou après avoir été soumis à une seconde opération.

On obtient le bitume à l'état pur au moyen de liquations successives.

Nous verrons plus loin que l'asphalte n'est autre chose que du calcaire imprégné de bitume.

Les bons bitumes pour dallages et tuyaux sont mélangés de calcaire en poudre, de sables et de graviers.

Le *mastic bitumineux* est un mélange de 10 à 15 parties de bitume et de 85 à 90 parties de roche asphaltique pulvérisée. Sa densité est de 1 à 1,5, et il fond à 100° environ. Il sert à la confection des trottoirs, dallages, couvertures, sols de terrasses, chapes de ponts, couronnements de murs de soubassement, enduits hydrofuges.

Quand on veut faire des trottoirs, on concasse le mastic bitumineux et on refond, dans une grande chaudière ambulante, ces morceaux auxquels on a ajouté 2 à 4 % de bitume ou de brai et 30 % de gravier environ. Quand on juge la

matière assez fluide, on l'applique sur les surfaces destinées à la recevoir et pour que cet enduit ne se ramollisse pas sous l'action du soleil, on saupoudre de sable la surface avant son refroidissement.

Si le mélange est trop liquide, et s'il doit avoir une certaine dureté, on met dans la chaudière du sable fin tamisé et séché jusqu'à ce qu'on obtienne une pâte épaisse et suffisamment fluide pour être étendue comme enduit.

Pour dallages, on emploie souvent un mastic ainsi composé :

Goudron minéral (pour aider à la fusion).	$7^{kg},5$
Mastic d'asphalte	90, 0
Huile de résine.	2, 5
Sable fin et pur	50, 0
Total	150, 0

Le *bitume artificiel* est composé, pour la quantité nécessaire à l'établissement de un mètre carré, de goudron de houille, $0^{kg},7$ de colophane et $0^{m^3},005$ de chaux.

Le *coaltar* ou *goudron minéral* est une matière visqueuse produite par la distillation de la houille, c'est un carbure d'hydrogène comme le bitume.

Le *brai* est une matière résineuse provenant de la décomposition de la houille. Le brai sec est brun ou roux ; sa cassure est vitreuse. Mélangé au coaltar, il devient plus gras.

Les parquets sur bitume se font de deux manières différentes :

1° En scellant simplement les lambourdes au bitume et en faisant des augets dans les intervalles (*fig.* 1).

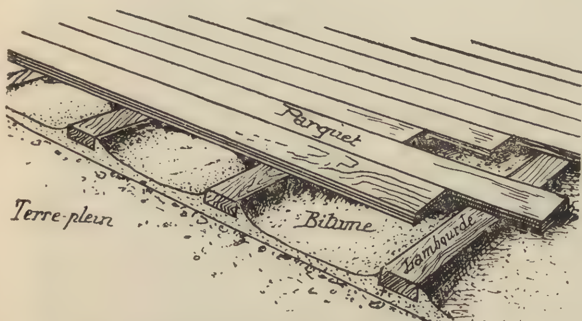


Fig. 1. — Lambourdes scellées sur bitume.

2° En scellant directement les frises sur le bitume à chaud ; la face en contact avec le bitume étant brute de sciage adhère bien et le nivellement se fait immédiatement en battant la frise comme s'il s'agissait d'un pavé. Dans ce genre de parquets, les frises sont simplement dressées

et coupées, mais n'ont ni rainures ni languettes (*fig.* 2).

Dans les travaux de durée limitée, on peut protéger le parquet en intercalant une feuille de

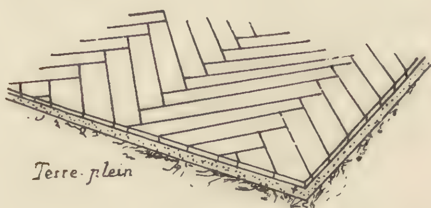


Fig. 2. — Parquet bitumé.

carton bitumé entre la lambourde et le parquet (*fig.* 3).

Le *carton bitumé* peut encore servir pour faire des couvertures, généralement provisoires, car si on laisse subsister un certain temps,

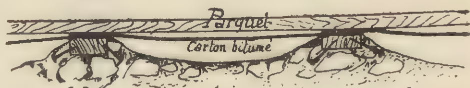


Fig 3. — Parquet isolé par un carton bitumé.

dans de mauvaises conditions, les couvertures en carton bitumé, ainsi que celles en *chanvre bitumé*, en *carton-cuir* et autres variétés, si on marche souvent dessus, il arrive forcément que

le carton se troue et nécessite des réparations importantes, quelquefois même une réfection complète.

La pente de ce genre de toiture varie de 18 à 21 degrés, suivant le recouvrement.

Le carton bitumé est fabriqué en feuilles de $0^{m},70$ à $0^{m},80$ et 1 mètre de largeur et ayant des longueurs variant entre 12 et 32 mètres. Il se fabrique avec ou sans sable et son prix est de $0^{fr},45$ à $1^{fr},25$ suivant la largeur et la qualité. Il pèse environ 3 kilogrammes par mètre carré, soit à peu près 6 kilogrammes avec le voligeage,

La pose se fait en déroulant parallèlement au faîtage, en commençant par le bas et en faisant recouvrement de $0^{m},10$ au moins. Puis, sur chaque chevron, on cloue une latte perpendiculairement au faîtage, ensuite on goudronne. Dans ce cas, le carton bitumé est toujours posé sur le voligeage (*fig.* 4).

Quand on l'emploie d'une façon absolument provisoire, on peut supprimer le voligeage ; on déroule alors le carton perpendiculairement au faîtage. Il faut avoir soin de disposer les chevrons à la demande de la largeur du carton. On cloue enfin des lattes sur les joints et au droit des chevrons.

Dans les deux cas précédents, on doit gou-

dronner en plein et renouveler le goudronnage tous les ans.

Un mètre carré de toiture en carton bitumé exige $1^m,05$ de carton bitumé pesant 3 kilogrammes, $3^m,15$ de baguette et $0^l,60$ de goudron.

Le carton bitumé s'applique encore sous les

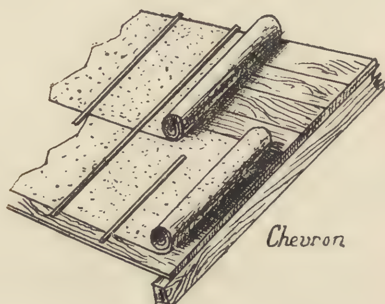


Fig. 4. — Toiture en carton bitumé.

tuiles, pour empêcher celles-ci de laisser passer la neige.

Employé en revêtement sur les surfaces exposées à la pluie, le carton bitumé protège les murs ou cloisons légères contre l'humidité.

Sur les murs humides, on obtient de bons résultats en intercalant du carton bitumé cloué jointif, entre le mur et le papier de tenture.

Asphalte. — On appelle *asphalte* un carbonate de calcium pur imprégné naturellement et intimement, par un phénomène géologique pas encore très bien expliqué, du bitume dont nous venons de parler.

Le bitume est donc à l'asphalte ce que la nitroglycérine est à la dynamite, avec cette différence que le bitume a imprégné le calcaire par l'effet d'une force naturelle tandis que la nitroglycérine imprègne la dynamite par un procédé purement industriel.

L'asphalte de bonne qualité présente l'aspect d'une roche, tendre à la température de l'été, dure pendant l'hiver. Son grain est fin, sa couleur chocolat foncé, parfois tigrée noir et brun. Vers 50 ou 60°, il se laisse écraser entre les doigts. Exposé pendant quelques heures au soleil ardent, il tombe de lui-même en une poussière brune et onctueuse.

Cette roche, examinée au microscope, se montre formée de petits grains de calcaire très fin, recouverts chacun d'une mince pellicule de bitume et agglutinés entre eux par l'intermédiaire de cette pellicule. Si l'on chauffe un petit morceau de cette matière, le bitume qui lui sert de ciment se ramollit et perd sa force agglutinante; les molécules se décollent, se séparent et s'épar-

pillent en une poussière rappelant la couleur du chocolat foncé.

Si, tandis qu'elle est encore à la température de 100 à 200°, on ramasse cette poussière et si on la comprime énergiquement dans un moule, elle reprend par le refroidissement sous sa nouvelle forme sa consistance première. Cette expérience, fort remarquable, peut être indéfiniment répétée, sans que la roche perde de sa dureté primitive.

Le poids spécifique moyen de l'asphalte est égal à 2,235.

Un bon calcaire bitumineux formant de l'asphalte propre à être employé, contient de 6 à 10 % de bitume.

Les mines d'asphalte sont assez nombreuses ; quelques-unes ont une réputation universelle. La plus célèbre de toutes est, sans contredit, celle de Seyssel (Ain), sur le bord du Rhône, dont l'exploitation à ciel ouvert remonte à 1800 environ. Elle fournit à elle seule environ 10 000 tonnes de matières livrées au commerce, soit comme asphalte, soit comme mastic bitumineux.

Viennent ensuite les mines de Val-de-Travers, dans le canton de Neuchâtel (Suisse), de Volant-Perrette, de Chavaroche, près d'Annecy. On trouve encore de l'asphalte dans le Bas-Rhin, à

Lobsann, en Auvergne, en Italie, en Espagne, etc.

L'asphalte s'extrait des mines à la manière du moëllon, soit au pic, soit à la poudre, en exploitations à ciel ouvert ou par galeries. La roche amenée sur le carreau de la mine, est concassée en morceaux pouvant passer dans un anneau de 8 centimètres, puis pulvérisée à l'aide de laminoirs, de moulins à noix ou de meules verticales.

Au sortir de ces appareils, la poudre est amenée dans des blutoirs, pour en séparer les fragments qui auraient échappé à la pulvérisation. Les mailles des tamis n'ont que 0^{m},015 de côté.

Cette poudre est portée aux chaudières et sert à la confection du *mastic bitumineux* qui, comme nous l'avons vu, entre dans la composition des enduits sur trottoirs.

La principale application de l'asphalte consiste dans la confection des chaussées. Le premier essai de ce genre date de 1850. Ce fut un suisse, M. Méran, qui fit établir la première chaussée en asphalte. Depuis cette époque, l'asphalte a pris un développement extraordinaire. Toutes les capitales européennes, avec plus ou moins d'empressement, l'ont successivement adopté dans leurs travaux de voirie.

Le sol qui doit recevoir la couche d'asphalte doit être préalablement préparé avec soin. Il faut d'abord s'assurer qu'il est parfaitement sec, résistant et bien réglé afin que la couche d'asphalte soit uniforme. La poudre d'asphalte est ensuite chauffée à 135° et portée sur l'emplacement qui lui est destiné. L'étendage exige une certaine habileté. L'épaisseur de la poudre doit être de $\frac{2}{5}$ plus forte que celle que l'on veut obtenir après la compression, qui se fait au pilon ou au rouleau, suivant l'importance du travail. Il faut pilonner avec une vigueur graduée, c'est-à-dire commencer doucement et frapper de plus en plus fort, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la compression parfaite.

Pour les grandes villes, où la circulation est très fréquente, on donne à la couche d'asphalte une épaisseur de $0^m,07$ qui se trouve après le travail réduite à $0^m,055$. Dans les cours intérieures, une couche de $0^m,04$ réduite après compression à $0^m,03$, suffit parfaitement.

Les chaussées en asphalte ne donnent ni boues, ni poussières, sont parfaitement insonores, d'un entretien facile et enfin économiques.

On fabrique aussi des pavés en asphalte comprimé, qui se posent sur béton. Ces pavés de

$0^m,025$ à $0^m,050$ d'épaisseur et qui mesurent $0^m,10$ sur $0^m,20$ ou $0^m,14$ sur $0^m,14$ pèsent de 50 à 100 kilogrammes le mètre carré et valent de $2^{fr},90$ à $4^{fr},75$ le mètre carré. On en fait d'unis et de chanfreinés ainsi que des carreaux. Ce dallage revient à 12 francs le mètre carré pour une épaisseur de $0^m,04$.

Une des applications les plus nouvelles de l'asphalte est celle des fondations en béton pour machines de toutes sortes, depuis celles à grands chocs, comme les marteaux-pilons, jusqu'à celles à mouvement doux, telles que les machines à vapeur et les machines-outils.

Il existe divers procédés à l'aide desquels on falsifie l'asphalte, pour faire payer le bitume factice au même prix que l'asphalte naturel. L'asphalte factice se reconnaît :

1° Par l'odeur du gaz qu'il dégage quand on le chauffe ;

2° Par le fendillement et les dégradations rapides occasionnées par l'absence des huiles évaporées dans la distillation de la houille pour le gaz.

Chaux. — Sans nous étendre sur les modes de fabrication et de préparation de la chaux qui font l'objet d'une étude spéciale de M. Candlot dans l'Encyclopédie des Aide-Mémoire, nous

devons rappeler sommairement quelques généralités sur ce liant artificiel, connu depuis tant de siècles, et si employé de nos jours.

La chaux s'obtient par la calcination de certains calcaires qui, soumis au feu, laissent entièrement dégager l'eau et l'acide carbonique, de sorte qu'il ne reste que l'oxyde de calcium pur, si le calcaire est pur, c'est-à-dire de la *chaux grasse*, qui possède la remarquable propriété de faire avec l'eau une pâte qui durcit à l'air, mais se dissout dans une grande masse d'eau.

Si les pierres calcaires ne sont pas pures et contiennent une certaine quantité d'argile, la chaux qui résulte de leur calcination devient *hydraulique*, c'est-à-dire qu'elle possède la propriété de se pétrir à l'eau, et de plus de durcir non seulement à l'air, mais encore sous l'eau.

La chaux, à la sortie des fours est anhydre. Elle constitue la *chaux vive* ou *caustique*. Si on mouille cette chaux vive, elle s'échauffe, fuse et foisonne, c'est-à-dire augmente considérablement de volume et dégage une grande quantité de chaleur. Elle devient alors *chaux hydratée* ou *chaux éteinte*.

Si on ajoute de l'eau à de la chaux éteinte en poudre, celle-ci se délaye et forme une pâte

liante propre à entrer dans la composition des mortiers. Plus étendue encore, la chaux forme le *lait de chaux*, et est propre au badigeon.

Quand les calcaires contiennent des impuretés autres que l'argile, ils donnent naissance à des *chaux maigres*, qui foisonnent peu et qui ne font pas prise sous l'eau.

On adopte généralement pour les chaux la classification suivante :

Chaux non hydrauliques	Chaux grasses
	" maigres
Chaux hydrauliques	Chaux faiblement hydrauliques
	" moyennement hydrauliques
	" éminemment hydrauliques

La chaux sert principalement à fabriquer les *mortiers*. Le mortier de chaux grasse se compose d'un volume de pâte de chaux grasse et de deux ou trois volumes de sable. Ce mortier durcit lentement, aussi faut-il laisser aux assises inférieures le temps nécessaire pour durcir assez afin de supporter le poids des parties supérieures. Le mortier fait avec de la chaux ordinaire grasse ou maigre et du sable durcit à l'eau par dessiccation et absorption de l'acide carbonique de l'air. Quand il est enfoui dans la terre et à l'abri de l'air, il ne se solidifie pas. Ce mortier ne convient

donc qu'aux maçonneries exposées à l'air sec : murs de maisons et clôture.

La chaux hydraulique entre dans la composition des mortiers hydrauliques. La prise de ces mortiers est d'autant plus rapide que la chaux est plus hydraulique. La dureté augmente avec le temps.

Après une année, un mortier éminemment hydraulique atteint la dureté de la brique, un mortier moyennement hydraulique celle de la pierre tendre, un mortier faiblement hydraulique celle du savon.

Le rôle du sable dans la confection des mortiers, a donné lieu à de nombreuses études et a été l'objet de vives controverses entre des savants ou praticiens autorisés. Il résulte des travaux de Vicat, que la nature du sable influe sur la qualité du mortier. Voici l'ordre de supériorité dans lequel il classe les sables :

Pour les chaux hydrauliques : 1° les sables fins; 2° les sables à grains inégaux, résultant du mélange, soit du gros sable avec le fin, soit de celui-ci avec le gravier; 3° le gros sable.

Pour les chaux non hydrauliques : 1° les gros sables; 2° les sables mêlés; 3° les sables fins.

Le sable employé doit toujours être exempt de terre et âpre à la main. L'eau doit être aussi pure

que possible. L'eau de rivière doit être préférée à toutes celles qui filtrent dans les terres, parce que celles-ci tiennent toutes en dissolution des sels différents dont l'eau de rivière est peu chargée et qui peuvent avoir des actions nuisibles.

L'emploi de l'eau de mer a été très controversé. Toutefois, son exclusion n'a pas lieu d'être aussi radicale que l'ont soutenu quelques auteurs. C'est ce qui a été prouvé par de nombreuses expériences.

« Le secret d'une bonne maçonnerie, a dit Vicat, est tout entier dans ce précepte : *mortier ferme et matériaux mouillés* ». Or, c'est toujours l'inverse qu'on fait, les maçons préfèrent noyer le mortier que de mouiller la brique ou la pierre. Les matériaux secs ont vite absorbé la faible quantité d'eau que contient le mortier, puis tous deux sèchent séparément, le mortier appauvri d'eau est presque en poudre, et la cohésion, l'adhérence qu'on voulait avoir ne se produisent que partiellement, là où, pour une cause quelconque, l'eau n'a pas été entièrement prise par le matériau en contact. Dans la réfection du mortier, il faut même mouiller le sable, si celui-ci n'a pas subi un lavage immédiatement avant son emploi.

Le *béton* est un mélange de mortier hydrau-

lique avec des cailloux, du gravier ou des pierres cassées. Il constitue une maçonnerie artificielle imperméable et incompressible qui est plus économique et plus résistante que le mortier seul. Il joue un rôle considérable dans l'établissement des fondations.

Les qualités d'un béton dépendent et de la nature du mortier et du mélange du mortier et des cailloux employés. Un béton est dit *plein* quand le volume du mortier employé est égal au vide du volume de cailloux avec lequel il est mélangé. Il est dit *gras* quand le volume du mortier est égal ou supérieur au vide, et *maigre* quand ce volume est inférieur.

Il y a avantage, pour la confection des bétons destinés à être immergés, à ajouter du ciment au mortier. L'expérience directe sert pour déterminer, suivant les lieux, les meilleures proportions du mélange pour les mortiers hydrauliques et les bétons.

La chaux, outre la fabrication des mortiers et des bétons, est encore employée dans l'agriculture et dans certaines industries, qui sont : les tanneries, les usines à gaz, les sucreries, les fabriques de soude et de potasse, les fabriques de savons et de corps gras, les blanchisseries, la préparation des peintures en détrempe, etc.

Toutes ces industries préfèrent la chaux vive, fraîchement cuite, et surtout celle qui est très grasse, c'est-à-dire celle qui contient le moins d'éléments étrangers : sables, argile, ou autres.

Ciments. — Les ciments proviennent de la cuisson de calcaires généralement plus argileux que ceux qui servent à faire de la chaux. Leur teneur en argile ne doit pas être inférieure à 18,5 % environ. Presque toujours leur couleur est plus foncée, leur densité plus forte, leur prise sous l'eau plus rapide et leur résistance plus élevée que la chaux. Pour les réduire en poudre, il faut toujours faire usage de procédés mécaniques. On divise les ciments en plusieurs catégories :

1° *Ciments de grappiers* fabriqués avec les morceaux de chaux hydraulique qui ne se sont pas réduits en poussière pendant l'extinction et qui ont été éliminés par le blutage. Ils forment une sorte de transition entre la chaux hydraulique et les ciments. Leur prise est plus lente que celle des ciments et leur résistance faible d'abord, croît progressivement avec le temps ;

2° *Ciments à prise rapide* comprenant les ciments *romains naturels* et les ciments *prompts artificiels*. Ils sont obtenus par la cuisson relativement faible de calcaires très argileux et riches

en alumine et en acide sulfurique. Leur prise est rapide, il suffit de quelques minutes pour qu'ils prennent une dureté assez considérable, mais qui ne croît plus que lentement avec le temps ;

3° *Ciments naturels* à prise plus ou moins lente, obtenus par la cuisson plus forte des calcaires à prise rapide. Une cuisson plus forte encore, jointe à une diminution de la teneur en argile, fournit des ciments prenant plus lentement et se rapprochant des ciments Portland ; cependant leur composition est moins stable ;

4° *Ciments Portland.* — Le cahier des charges de Boulogne définit le ciment Portland comme étant « produit par la mouture de roches scarifiées, obtenues au moyen de la cuisson jusqu'à ramollissement d'un mélange intime de carbonate de calcium et de silicate d'aluminium, rigoureusement dosé, chimiquement et physiquement homogène dans toutes ses parties ».

Pratiquement la teneur en argile des mélanges crus varie suivant les pays entre 19 et 25 %. La température nécessaire à la cuisson dépend de la proportion de l'argile et varie entre 1800 et 1200°. Les produits ainsi obtenus sont évidemment de qualité variable ; mais tant qu'on ne sort pas des limites sus-indiquées, on peut con-

server à ces produits le nom de ciment Portland.

Ce ciment fait prise sous l'eau en quelques heures et atteint, quand on l'emploie pur ou mélangé avec du sable, des résistances plus fortes que les autres produits employés de la même manière;

5° *Ciments mixtes* qui résultent du mélange, après cuisson, de matières de provenances diverses, les unes hydrauliques, les autres pouvant ne pas l'être.

Nous ne dirons rien sur la fabrication de ces divers ciments, ni sur leurs propriétés et nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de M. Candlot que nous avons précédemment cité.

Les applications du ciment deviennent chaque jour plus nombreuses : ce corps entre tout d'abord dans la composition des *mortiers de ciment;* ces mortiers durcissent très bien sous l'eau et atteignent une grande consistance. La proportion de sable qui entre dans ces mortiers est très variable :

Le mortier n° 1 comprend en volumes une partie de ciment et cinq parties de sable;

Le mortier n° 2 est formé d'une partie de ciment et trois parties de sable;

Le mortier n° 3 se compose d'une partie de ciment et deux parties de sable;

Le mortier n° 4 comporte une partie de ciment et une partie de sable.

Le mortier n° 1 ne doit être fait qu'avec le ciment Portland. Le n° 2 est le plus employé dans les constructions ordinaires avec ciments artificiels. Le n° 3 convient aux maçonneries très soignées, enfin le n° 4 est appliqué aux hourdis des maçonneries étanches ou aux enduits de fosses.

Le ciment est aussi employé dans les *bétons de ciment* et dans la fabrication de certaines *pierres artificielles*, comme nous le verrons plus loin dans le Chap. IV.

Le ciment sert à faire des *dallages*. Un dallage en ciment demande à être fait avec certains soins. Tout d'abord, le sol doit être arrosé et pilonné. Puis on fait sur ce sol un béton de ciment de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur obtenu en mélangeant un mortier composé d'une partie de ciment pour quatre à cinq parties de sable, avec du gros gravier ou des cailloux à raison de une partie de mortier pour deux de pierres. Ce béton est bien damé et aussitôt, avant qu'il n'ait fait prise, on doit étendre la couche de mortier riche afin d'obtenir une liaison parfaite entre les deux couches. Car, si on attend que le béton ait fait prise, l'adhérence est très imparfaite et la résistance du dallage est beaucoup moindre.

Pour le mortier de la chape, on peut prendre, en général, une partie de ciment pour une partie de sable en poids ou en volume. Quand on emploie un sable de bonne qualité, le dosage de deux parties de ciment pour trois de sable ou même de une de ciment pour deux de sable donne de bons résultats.

Les principales précautions à prendre sont les suivantes : nécessité d'employer un sable bien régulier, de confectionner une couche de béton suffisamment épaisse, de poser le dallage sur le béton avant la prise de celui-ci, de gâcher le mortier avec peu d'eau et de le comprimer pour le mettre en place, enfin de tenir la surface cimentée dans un état complet d'humidité par du sable ou de la sciure de bois arrosée.

L'emploi de l'eau de mer pour gâcher le mortier donne d'excellents résultats, quand il s'agit de la confection des dallages ; la prise est, en effet, plus lente et on peut travailler plus facilement le mortier, de plus, les sels de l'eau de mer maintiennent le mortier humide et lui permettent ainsi de durcir dans de meilleures conditions.

On peut donner aux dallages l'aspect de la pierre, on y trace les joints d'appareils, on imite à la molette la ciselure des rives, enfin, au rou-

leau, on donne l'apparence d'une surface bouchardée.

Quand on veut faire un *enduit* vertical, il faut dégrader profondément les joints et obtenir une surface très propre. Avant d'appliquer le mortier on arrose largement la surface à enduire. Le meilleur dosage à adopter est celui d'une partie de ciment pour deux ou trois de sable, qui ne doit pas être trop gros ni contenir une trop grande proportion de parties très fines. Il faut comprimer fortement le mortier et le polir à l'aide d'une taloche en bois.

On remplace souvent le dallage par un carrelage fait avec des carreaux en ciment comprimé. Ce genre de carrelage est très décoratif à cause de ses dessins agrémentés de riches couleurs. Pour fabriquer ces carreaux, on fait usage d'un moule en acier articulé et posé sur un marbre métallique bien plan. Dans ce moule, on introduit un réseau en cuivre poli dont les diverses cases représentent les différentes teintes que devra recevoir le carreau. L'ouvrier, à l'aide d'une cuiller dosée, verse dans chaque compartiment une pâte liquide de ciment teinté suivant les exigences du dessin, puis il retire le réseau. Alors il met sur les pâtes de diverses couleurs une quantité de ciment sec d'un volume connu,

l'étale et fait passer le tout sous une presse donnant une pression de 120 à 150 kilogrammes par centimètre carré. Puis, le carreau est démoulé, baigné dans l'eau pendant une heure ou deux et enfin mis au séchage naturel de l'air. Il est prêt à être employé.

En Allemagne, l'industrie du carreau en ciment comprimé a reçu un plus grand développement qu'en France et les résultats obtenus chez nos voisins sont supérieurs aux nôtres.

On fabrique aussi des *tuiles en ciment*. On fait un mélange de deux parties de sable pour trois de ciment, que l'on gâche avec le moins d'eau possible. Cette masse ne commence à durcir qu'au bout d'une demi-heure, mais avant sa mise au moule, on lui fait subir un travail mécanique qui la rend homogène.

Les tuiles sont colorées en gris, en noir ou en rouge, au moyen d'oxyde de manganèse ou d'oxyde de fer. Ces produits n'acquièrent leur dureté définitive qu'au bout de deux ou trois semaines.

Le ciment sert aussi à faire des *dalles* (système Cailette) pour terrasses, des *tuyaux* pour conduites d'eau, etc.

Enfin, nous ne passerons pas sous silence l'importante application qu'a reçue le ciment dans

le *ciment armé*. Ce nouveau mode de constructions se généralise de plus en plus et permet de résoudre des problèmes qui avaient été considérés comme insolubles jusqu'à ce jour.

Pouzzolanes. — Les *pouzzolanes* sont des produits naturels ou artificiels qui peuvent se combiner immédiatement avec la chaux et lui donner des qualités hydrauliques.

Les *pouzzolanes naturelles* sont des matières d'origine volcanique qui se trouvent en masses considérables dans certaines régions et dont les propriétés hydrauliques sont connues depuis fort longtemps.

La pouzzolane d'Italie est la plus renommée, les Romains s'en servaient dans tous leurs grands travaux. Les anciens volcans de l'Auvergne, du Vivarais et de l'Hérault en fournissent.

Ces pouzzolanes renferment de 50 à 90 d'argile pour 40 à 10 de chaux. A l'état naturel, ou après une calcination préalable, les pouzzolanes renferment du silicate de calcium, sans qu'il y ait assez de chaux libre pour que, réduit en poudre, il fasse pâte lorsqu'on le jette dans l'eau. Cette poudre est tellement maigre que sa fusion dans l'eau s'opère lentement.

On emploie des pouzzolanes qui prennent consistance sous l'eau en vingt-quatre heures,

dont on ne fait usage que mélangées aux chaux grasses. La pouzzolane peut être blanche, noire, jaune, grise, brune ou violette. Celle de Rome est d'un rouge brun mêlé de particules d'un brillant métallique.

On trouve des sables jouissant de certaines propriétés pouzzolaniques quand ils ont été soumis à une légère torréfaction, notamment aux environs de Brest. Près de Saint-Astier (Dordogne), on trouve un sable quartzeux à grains inégaux entremêlés d'argile brune ou jaune, en proportion variable de $\frac{1}{2}$ aux $\frac{3}{4}$ du volume total, dont les qualités pouzzolaniques sont très prononcées. Ces sables sont des *arênes*.

Dans les environs de Châteaulin et de Saint-Servan, il existe des roches amphiboliques et des diorites décomposées qui jouissent de propriétés pouzzolaniques. Leur énergie est augmentée par une cuisson modérée.

Le *trass* est une substance volcanique tirée en rognons des pays voisins du Rhin. Il s'extrait aussi des environs de Brohl, près d'Andernak. L'analyse du trass donne sur cent parties :

Alumine	28
Silice	57
Carbonate de calcium	5,6
Fer	8,5
Total	100

Il doit être bien fin, sec et exempt de substances étrangères.

Il résulte des expériences de M. le général du génie Treussart, que si l'on prend les substances indiquées dans l'analyse ci-dessus et dans les mêmes proportions et que l'on en fasse une pâte avec un peu d'eau, puis qu'on fasse calciner le tout dans un fourneau à réverbère en tenant ces substances pendant six heures au rouge, on obtiendra un *trass artificiel* supérieur au *trass naturel* d'Andernak.

La pouzzolane naturelle mélangée à froid avec la chaux grasse donne du mortier hydraulique. On a imité cette matière, ou plutôt, on l'a remplacée par plusieurs autres.

On appelle *pouzzolanes artificielles*, par analogie, toutes les substances qui peuvent, par une préparation convenable, former avec de la chaux grasse et à la manière de la pouzzolane naturelle, un mortier susceptible de durcir sous l'eau.

Ces matières sont assez nombreuses. Un mélange de une à trois parties de chaux pour neuf à sept d'argile, soumis à une chaleur nécessaire au premier degré de cuisson de la brique, un peu supérieure au rouge sombre, donne de la pouzzolane artificielle. Les principales fabriques

de pouzzolane sont à Paviers (Indre-et-Loire), à Fagnières (Marne), à Chartres, etc.

Le *basalte* est une pierre formée par le produit des éjections volcaniques sous-marines, d'un gris noirâtre ou tirant sur le bleu, d'un tissu compacte et sans aucune soufflure.

Pour réduire le basalte en pouzzolane, il suffit de le chauffer jusqu'à ce qu'il coule au feu blanc, on le réduit ensuite en poudre en le bocardant et on le passe au crible pour en séparer les parties trop grosses.

Il résulte des divers essais qui ont été faits, notamment par de Cessart et Vicat, que l'emploi du basalte comme pouzzolane a donné les meilleurs résultats. L'analyse chimique de ce basalte a donné sur cent parties :

Alumine	16,75
Silice	44,50
Oxyde de fer	20
Chaux	9,50
Oxyde de manganèse	2,37
Soude	2,60
Eau	2
Pertes	2,28
Total	100

Le *schiste bleu* peut fournir aussi de la pouzzolane. On n'a qu'à chauffer ce schiste pendant plusieurs heures jusqu'au blanc de manière que

ses feuillets se boursoufflent et se prennent en masses poreuses, légères, friables, et d'un vert pâle. Il faut rejeter celui qui n'aurait subi que le premier degré de cuisson et qui est d'un roux doré. On pulvérise les scories. Son analyse a donné sur cent parties :

Alumine	26
Silice	46
Magnésie	8
Chaux	4
Oxyde de fer	14
Eau et pertes	2
Total	100

Le *grès ferrugineux*, chauffé au premier degré de cuisson de la brique, fournit également une espèce de pouzzolane.

On se sert encore, pour confectionner des mortiers, de la *cendrée* qui se tire des fours à chaux chauffés avec de la houille, des *cendres de houille*, des *cendres de bois*, des *scories de forge*, des *laitiers de hauts-fourneaux*, de certaines *terres ocreuses* convenablement choisies et calcinées, etc.

On donne enfin quelquefois à tort le nom de ciment à de la brique ou à du tuileau pulvérisés qu'on mélange avec de la chaux. Cette *poudre de tuileau*, quand elle est bien fabriquée, peut

donner de bons mortiers ; mais elle n'offre pas de sécurité quand elle provient de rebuts de pièces trop ou pas assez cuites qui contiennent du sable et presque toujours des terres grasses et non de l'argile.

Plâtre. — Dans certains pays, notamment dans le bassin de Paris, on trouve une pierre dite *gypse*, *pierre à plâtre* ou *pierre à Jésus*, qui, calcinée à une certaine température, perd son eau de cristallisation et donne naissance à une certaine matière appelée *plâtre* qui a la propriété de durcir presque instantanément quand on la gâche avec un peu d'eau et qui ne fait pas effervescence dans les acides.

Le gypse pur est un sulfate de calcium hydraté dont la formule est $CaSO^4 + 2H^2O$. Il est soluble dans 500 fois son poids d'eau et sa densité varie de 2,26 à 2,31. C'est une pierre très tendre qui se laisse facilement rayer par l'ongle. Sa structure peut être compacte, granulaire, lamellaire ou fibreuse. Sa cassure est conchoïde ou droite. Il est blanc quand il est pur et gris, jaune, rouge, rose, suivant les impuretés qui l'accompagnent.

Certaines pierres gypseuses sont employées comme pierres d'appareil, moëllons, pierres d'ornement, mortier ou enduit de plâtre.

On a cru pendant longtemps que, pour calciner la pierre à plâtre, il fallait la porter à une température supérieure à 200° ; mais les expériences de Gay-Lussac et Payen ont démontré que la cuisson devrait s'opérer entre 80° et la température du rouge sombre, et qu'en deçà et au-delà on obtenait un produit inerte qui ne pouvait absorber l'eau.

Cette cuisson se trouve réduite à une simple dessiccation qu'il serait facile d'obtenir à l'aide de la seule vapeur d'eau.

Pour cuire le gypse, on construit à sec, avec de gros morceaux, plusieurs voûtes sous un hangar. Ces voûtes et leurs piles sont faites avec des morceaux de plâtre cru choisis. Puis on les charge de pierres à plâtre en ayant soin de commencer par les plus gros morceaux entre lesquels on ménage des interstices, puis on finit par les plus petits fragments en graduant suivant la grosseur. On allume un feu de bois sous les voûtes, comme dans les fours à chaux, et on l'entretient jusqu'à ce que les pierres commencent à rougir. L'opération dure environ dix heures (*fig.* 5).

Il est bien évident que la cuisson du plâtre n'est pas uniforme. Celui qui est près du feu est surcuit, et seul il ne fait pas prise avec l'eau ;

celui qui est le plus éloigné du feu est incuit et seul ne fait pas non plus prise avec l'eau. Mais, le tout mélangé donne un plâtre d'excellente qualité. MM. Ramdohr et Hanctin ont construit des fours à plâtre continus qui donnent de bons résultats.

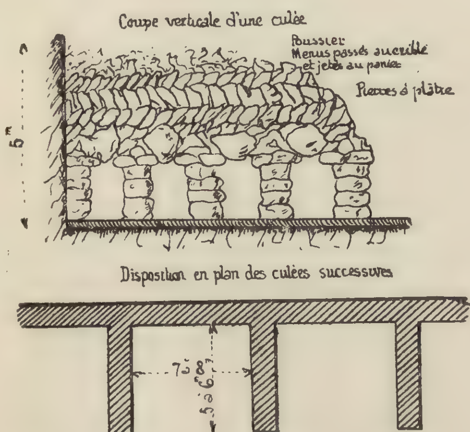


Fig. 5. — Cuisson ordinaire de la pierre à plâtre.

On peut aussi faire usage de la houille pour cuire le plâtre. On a cherché également à utiliser la chaleur perdue des fours à coke pour cuire cette matière.

L'emploi de la vapeur d'eau surchauffée a été indiqué par M. Violette et par M. Testud de Beau-

regard pour cuire le plâtre. Les avantages de ce nouveau procédé seraient les suivants :

1° Supériorité et régularité dans la qualité du plâtre ;

2° Blancheur et non plus cette couleur gris sale et terne du plâtre ordinaire maculé par le poussier de charbon ;

3° Facilité dans la conduite de l'opération puisqu'il suffit de chauffer une chaudière ;

4° Économie dans le prix de cuisson.

Le plâtre doit être employé aussitôt qu'il est cuit, sans quoi il perd sa qualité. Si l'on est obligé de le faire venir d'un pays lointain, il vaut mieux le faire expédier en pierres et cuire dans l'endroit où il doit être employé. Mais, pour le transporter à de petites distances, il suffit de l'enfermer dans des sacs.

Pour employer le plâtre cuit, il faut le réduire en poudre, laquelle ne doit pas être trop fine, car le broyage trop parfait fait perdre à ce produit une partie de ses qualités plastiques.

Le plâtre est réduit en poudre en le battant, soit par des meules, soit par des cylindres. Quand on le mélange avec une quantité d'eau, il se produit une cristallisation confuse qui fait reprendre au plâtre sa dureté primitive, c'est-à-dire celle d'une pierre tendre.

A Paris, pour gâcher le plâtre, on commence par mettre l'eau dans l'auget qui doit servir à la manipulation ; on ajoute ensuite le plâtre en le semant jusqu'à ce qu'il atteigne presque la surface de l'eau ; on attend un peu qu'il commence à prendre et, pour qu'il fasse une pâte uniforme, on le remue avec une truelle en cuivre et non avec une truelle en fer, qui s'oxyderait trop vite, à cause de l'acide sulfurique contenu dans le plâtre, Il faut environ autant d'eau que de plâtre. Plus le plâtre est fort, plus il faut le gâcher promptement, afin qu'on ait le temps de l'employer avant qu'il commence à durcir. Chaque fois que l'on gâche du plâtre, il faut nettoyer l'auget avec soin, c'est ce qui se fait avec la truelle dont les arêtes doivent toujours être bien vives.

La quantité d'eau employée pour le gâchage du plâtre varie avec la nature des ouvrages. Quand on a besoin de toute la force du plâtre, on n'y met que la proportion d'eau nécessaire pour donner à la pâte la consistance convenable pour son emploi ; c'est ce que les maçons appellent *gâcher serré*. Lorsqu'on y met plus d'eau, ce qui se dit *gâcher clair*, il donne plus de temps pour l'employer. Pour faire des enduits, on le gâche encore plus clair. Enfin, quand il s'agit

de remplir des vides où la main ni la truelle ne peuvent atteindre, on forme un *coulis* qui est assez clair pour être versé par des godets placés de manière à pouvoir diriger le coulis dans les cavités qu'il doit remplir.

Un mètre cube de plâtre en poudre produit environ 1^{m^3},18 de mortier et le gonflement, après vingt-quatre heures d'emploi, est environ de 1 $^0/_0$ dont la moitié est produite après la première heure de mise en œuvre. Le plâtre est donc très propre au moulage puisqu'il remplit à la suite de ce gonflement les moindres interstices des moules.

Quand on gâche le plâtre avec une dissolution de colle forte, il devient beaucoup plus dur que lorsqu'il a été mêlé avec de l'eau pure. Le produit qui en résulte peut acquérir un beau poli quand on le frotte avec des corps durs ; il porte alors le nom de *stuc*.

On peut admettre les nombres suivants pour la résistance du plâtre à la compression :

Plâtre gâché à l'eau, 5 kilogrammes par centimètre carré.

Plâtre gâché au lait de chaux, 7^{kg},3 par centimètre carré.

Le poids d'un mètre cube de plâtre varie de 1 200 à 1 600 kilogrammes. Le prix du plâtre

varie de 16 à 17 francs les quarante sacs; à Paris, le droit d'octroi est de 1fr,20 par mètre cube.

En gâchant le plâtre avec de l'ocre jaune, on lui donne une couleur de pierre; l'ocre brune ou rouge lui communique un ton de brique; de l'ocre jaune et un peu de noir lui donnent un ton de granit.

Le plâtre mis en contact avec le fer, l'oxyde par l'action de son acide sulfurique; il est donc préférable d'employer le moins possible de plâtre pour les scellements et surtout dans les lieux où il ne peut sécher rapidement.

Dans les pays où le plâtre est cher, on fait un mélange d'une partie de mortier de plâtre et de trois parties de mortier de chaux, ce qui donne un produit applicable pour enduits extérieurs. Pour un enduit qui doit sécher vite, on ajoute une partie de sable pour deux parties de plâtre en poudre.

Depuis quelques années, on prépare le *plâtre aluné* qui, en séchant, acquiert une dureté au moins égale à la pierre calcaire. Ce plâtre peut se polir comme le marbre et résiste très bien aux intempéries de l'atmosphère.

Les *carreaux de plâtre* rendent de grands services pour la construction des cloisons légères

de $0^m,08$ d'épaisseur (enduits compris) et même de $0^m,15$ à $0^m,20$, qui deviennent de véritables petits murs. Ces carreaux se font dans des moules en bois ou en fer articulés; on mêle au plâtre coulé des plâtres ou des mâchefers. Les carreaux bien faits sont sur deux côtés à noix et sur les deux autres à gueule-de-loup de manière à bien s'emboîter les uns dans les autres. On en fabrique maintenant avec deux faces rugueuses moulées sur sparterie, ce qui assure l'adhérence complète du plâtre.

On désigne sous le nom de *plâtras* des morceaux plus ou moins informes provenant de la démolition d'anciennes constructions et principalement des ouvrages en plâtre. Les plâtras qui proviennent de lieux humides contiennent toujours une certaine quantité de chaux nitratée, ils sont conservés pour en extraire le salpêtre puis envoyés aux décharges publiques.

Les plâtras non salpêtrés sont, au contraire, utilisés avec avantage dans les nouvelles constructions.

On en distingue deux espèces : 1° les plâtras blancs ; 2° les plâtras noirs.

Les plâtras blancs proviennent de la démolition de pans de bois, de planchers, etc.

Les plâtras noirs proviennent de la démolition

de coffres de cheminées et ont été noircis par la fumée. Les premiers sont très recherchés par toutes espèces d'ouvrages légers à l'intérieur des bâtiments. Les seconds doivent être rejetés des constructions qui exigent de la blancheur. On pourra les employer pour faire des murs de clôture et d'autres ouvrages qui n'exigent pas une grande propreté. Les maçonneries en plâtras sont plus légères que celles en moëllons, mais beaucoup moins solides.

Les plâtras non tachés ni salpêtrés se vendent 6fr,60 le mètre cube; pour massifs, les plâtras hourdés en plâtre reviennent à 17 francs le mètre cube.

Briques. — Les briques ont été les premiers matériaux artificiels employés par les hommes, quand ils ont commencé à bâtir.

La propriété que possède l'argile de former avec l'eau une pâte qui se durcit à la chaleur, conserve la forme qu'on lui a donnée et présente, après la cuisson, une très grande résistance, est la base des produits céramiques.

L'argile ou silicate d'aluminium convenable pour la brique se compose de 45 à 80 parties de silice, 15 à 40 d'alumine et d'une quantité rarement supérieure à 18. Aucune combinaison de ces corps deux à deux n'est plastique et les ar-

giles qui contiennent le plus d'alumine sont celles qui possèdent cette propriété au plus haut degré et qui renferment le plus d'eau.

On divise les briques en 1° briques crues ou durcies au soleil; 2° briques cuites ou durcies au four; 3° briques réfractaires.

Les *Briques crues* sont très répandues dans le midi de la France. Celles que l'on fait en Champagne ont $0^m,30$ de long $0^m,14$ de large et $0^m,07$ à 0^m08 d'épaisseur.

Les briques crues se fabriquent dans des moules réguliers. Les meilleures sont d'argile rouge ou blanche mêlée de sable ; on en fait avec la *boue* des routes, laquelle est composée d'argile, de craie et de silex écrasé. Le moment le plus favorable pour leur fabrication est le printemps ou l'automne, saisons pendant lesquelles la dessiccation se fait mieux ; elles ne s'emploient qu'après qu'elles sont arrivées, par leur exposition à l'air et au soleil, à une dessiccation complète, sans laquelle la gelée, en faisant gonfler, amènerait la destruction. Ces briques sont d'un mauvais usage à l'humidité lorsqu'elles ne sont pas recouvertes de peinture à la chaux, ou d'un enduit de chaux, d'argile et de boue.

Les *briques cuites* s'obtiennent en exposant à un feu violent et soutenu des briques crues

fabriquées avec de l'argile mêlé à $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{4}$ de sable fin.

Les argiles sont essentiellement composées de silice, d'alumine et d'eau. On ne les rencontre jamais à l'état cristallin et elles proviennent toujours de la décomposition d'autres minéraux contenant de la silice et de l'alumine. Très souvent, elles sont mélangées avec des matières étrangères, qui en modifient la couleur et que l'on peut séparer par décantation, telles que sable, oxyde de fer anhydre ou hydraté, carbonate de calcium, matières combustibles ou bitumineuses, etc.

L'argile pure est infusible à la chaleur la plus élevée que l'on puisse produire dans les fourneaux employés dans l'industrie. Elle sert à luter les fourneaux portés aux plus hautes températures. Modérément calcinée, elle durcit, et se transforme en une masse terreuse et poreuse.

L'exploitation des argiles peut se faire à ciel ouvert ou en galeries.

Les *briques communes* se fabriquent avec des argiles plus ou moins sableuses et des marnes argileuses, calcaires ou limoneuses. Quand les argiles sont trop plastiques, les briques sont sujettes à se déformer et à se fendiller, on dégraisse la pâte avec du sable fin, qui combat le retrait, ou des marnes calcaires. Lorsque les

argiles n'ont pas assez de liant, on les engraisse avec de la marne ou du calcaire, rarement avec de l'argile plastique.

En ajoutant à la pâte, de la marne calcaire ou de la craie, on augmente sa fusibilité ; on pousse la cuisson jusqu'à un commencement de vitrification. Quelquefois, on ajoute à la pâte des escarbilles ou des mâchefers, qui agissent comme matières antiplastiques, et régularisent, pendant la cuisson, la chaleur dans le four. Ces briques sont alors noires, compactes et sonores. Elles résistent mieux aux agents atmosphériques; mais elles sont assez fusibles. Les briques qu'on obtient ainsi ne sont pas friables, mais leur structure doit être homogène, pour qu'on puisse les travailler d'un coup de hachette.

La fabrication des briques cuites comprend quatre opérations bien distinctes : 1° le choix et la préparation des terres; 2° le moulage; 3° la dessiccation et 4° la cuisson.

1° Les terres qui contiennent des éclats de craie ou de pierre calcaire et des silex ne peuvent être employées pour la fabrication des briques. Il faut également rejeter les argiles qui contiennent trop de pyrites de fer volumineux, mais si les pyrites sont petites, elles communiquent une certaine fusibilité Les argiles qui

contiennent des matières salines ou organiques ne peuvent pas non plus convenir.

Quand on est bien fixé sur la qualité de la terre, on procède à sa préparation. On extrait l'argile au mois de novembre et on la laisse exposée à l'air pendant tout l'hiver, de manière à ne l'employer qu'au printemps suivant. Soumise à l'action des agents de l'atmosphère, la terre se divise et s'ameublit d'elle-même, certaines parties pierreuses se désagrègent, se délitent en tombant en poussière, enfin les matières décomposables et solubles qu'elle contient sont délavées et entraînées par les pluies. De plus, l'action de la gelée dispose la terre à un corroyage plus complet et plus facile. Le pétrissage ou corroyage se fait, soit par le piétinement des hommes ou des animaux, soit au moyen de cylindres ou de laminoirs. On purge l'argile des substances pierreuses, crayeuses ou pyriteuses, en passant la terre à la claie, après l'avoir concassée. On ajoute alors le sable ou la marne et l'on remue de façon à rendre bien homogène ce mélange; on y verse ensuite moitié d'eau pour l'amener à l'état d'une pâte ductile ferme. Quand l'alumine et la silice ne se trouvent pas dans l'argile dans les proportions convenables, on ajoute l'élément qui manque.

2° Quand la terre est bien pétrie, on façonne les briques à la main, ou de préférence à la machine. Dans le façonnage à la main, il faut des ouvriers vigoureux, habiles et prompts, une aire plus ou moins étendue, des hangars, des fosses, une table et des moules. Il ne faut que ce simple appareil, n'exigeant qu'une faible mise de fonds et n'entraînant aucune dépense extraordinaire de construction, d'entretien et de réparation de bâtiment. Toutes les briques ainsi façonnées sont néanmoins moulées. A cause du retrait de $\frac{1}{5}$ que la terre éprouve à la dessiccation et à la cuisson, on donne aux moules des dimensions supérieures à celles que doivent avoir les briques. L'autre procédé de façonnage est celui qui consiste à faire usage de machines remplaçant presque tout travail manuel, depuis le mélange et le malaxage des pâtes jusqu'au transport des briques sur l'aire de séchage. Il faut, dans ce cas, des bâtiments installés, des machines, des transmissions, des moteurs à vapeur ou hydrauliques et une série d'engins d'une installation coûteuse et nécessitant souvent des mises de fonds considérables.

3° Les briques moulées sont placées les unes sur les autres de manière à former une espèce de muraille à claire-voie, pour qu'elles finissent

de se sécher complètement. Les murailles sont recouvertes avec des paillassons. Cette opération s'appelle mettre les briques en *haie* où elles restent jusqu'au moment de leur cuisson.

Dans les fabriques importantes, on dispose de hangars couverts et ce mode de séchage offre les avantages suivants : 1° les briques ne sont pas sujettes à recevoir la pluie ; 2° elles ne sont pas exposées aux coups de soleil ; 3° la dessiccation se fait plus régulièrement et plus lentement, ce qui augmente la qualité des produits.

Un autre mode de séchage consiste à placer la brique préparée dans un moule en fonte, et à la frapper d'un coup de balancier, qui enlève instantanément l'eau. Ce procédé est beaucoup plus expéditif et donne de meilleurs produits que l'ancien ; mais il entraîne une si notable augmentation de frais, qu'il laisse la supériorité au séchage ordinaire.

4° Lorsque les briques ont acquis le degré de dessiccation convenable, on procède à leur cuisson. La cuisson en plein air, dite aussi *en tas* ou *à la volée* et encore cuisson *à la belge* ou *à la flamande*, est surtout appliquée en Angleterre, en Belgique et dans le nord de la France.

Cette méthode, en apparence peu coûteuse, présente quelques avantages dans certains pays,

mais offre assez d'inconvénients pour ne pas être généralement suivie. La cuisson des briques en tas et en plein air exige un habile cuiseur et un excellent chauffeur, elle occasionne une dépense de combustible plus considérable que la cuisson dans les fours, elle présente plus de difficultés et donne des produits moins réguliers et plus de rebuts.

On peut distinguer les fours à cuire les briques en deux classes : 1° les fours intermittents, qui ne sont pas économiques, et 2° les fours continus dans lesquels le feu est toujours en activité, soit qu'il se déplace pour cuire successivement les produits qui sont enfournés et défournés à mesure de son avancement, soit, au contraire, que le foyer reste fixe et que les produits viennent se présenter devant lui pour en recevoir toute l'action.

Parmi les fours continus, citons ceux de Hocquart, de Hoffmann et de MM. Virollet et Duverne. Avec le four Hoffmann, qui est le plus employé, pour faire 10 000 briques par jour, il faut, pour construire le four, 500 mètres cubes de maçonnerie, chemise comprise, 170 mètres cubes de sable, 3 700 kilogrammes de fer et fonte. La dépense est de 100 kilogrammes de houille pour 1 000 briques façonnées.

Les briques de qualité exceptionnelle sont faites avec de la terre fine, malaxée avec soin et rebattue dans des moules métalliques : telles sont les briques dites *porphyres de Montchanin*, d'un grain fin et serré qui ont $0^m,22 \times 0^m,107$ à $0^m,11 \times 0^m,054$ à $0^m,055$. Leur résistance à l'écrasement, par centimètre carré, va jusqu'à 290 kilogrammes.

Une bonne brique doit être parfaitement moulée, à vives arêtes, sans cavités, boursouflures ni ébréchures. Elle doit rendre un son clair par la percussion, avoir le grain fin, serré et homogène dans sa cassure. Elle doit, de plus, ne renfermer aucun élément décomposable à l'air et susceptible de la dégrader après sa mise en œuvre. Elle doit pouvoir résister à l'action de la gelée et des intempéries et, dans certains cas, donner des étincelles au briquet.

D'après Salvetat, 100 kilogrammes de briques sèches absorbent $13^{kg},11$ d'eau. Les dimensions de la brique de Bourgogne sont $0^m,22 \times 0^m,11 \times$ $\times\ 0^m,054$. On doit la considérer comme modèle-type (*fig.* 6).

On emploie beaucoup maintenant les briques creuses (*fig.* 7) qui donnent de la légèreté aux constructions, ne transmettent ni la chaleur, ni le son, ni l'humidité. Leur fabrication est entiè-

rement mécanique et exige un matériel complet pour le malaxage, l'étendage et la cuisson. Parmi les divers types de briques creuses, citons ceux de Robert Avril, de Gilardoni, de Cartaux, de Perrière, de Gourlier, etc.

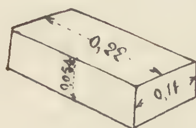
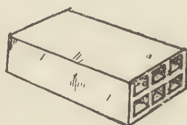


Fig. 6. — Brique pleine.

Les *briques réfractaires* se fabriquent avec des argiles pures et exemptes de chaux, de potasse, de pyrites de fer. Elles doivent être complètement inaltérables quand on les soumet à l'action d'un feu robuste.

Les briques réfractaires que l'on façonnait autrefois avec les meilleures argiles se font de nos jours, avec des quartz en farine et des grains



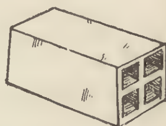


Fig. 7. — Briques creuses.

de quartz grossiers agglomérés par la petite quantité de chaux nécessaire pour agglutiner la pâte.

On fait enfin, avec l'argile plastique appelée *farine fossile*, des briques qui sont moins denses

que l'eau, tout à fait réfractaires, et conduisent mal la chaleur.

Tuiles. — Les *tuiles* sont employées depuis très longtemps. Les Grecs et les Romains en faisaient déjà usage, mais depuis cette époque leurs formes ont beaucoup changé.

On fabrique encore de nos jours des tuiles d'un très grand nombre de formes ; mais celles qui sont les plus employées sont : 1° Les tuiles *plates*, qui ont la forme d'une ardoise assez épaisse ;

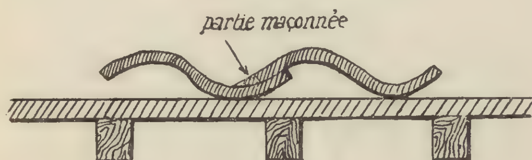


Fig. 8.

2° les tuiles *creuses*, qui ont la forme d'un auget tronconique; 3° les tuiles *flamandes* ou *pannes*, qui ont dans leur section transversale la forme d'un S (*fig*. 8).

On remplace maintenant ces diverses sortes de tuiles par les tuiles mécaniques à emboîtement et à recouvrement.

La terre qui sert à fabriquer la tuile est de même nature que la terre à briques, mais doit

être plus fine. Il n'est pas nécessaire que les tuiles soient infusibles.

La fabrication et la cuisson de la tuile ressemblent à celles de la brique, nous n'y reviendrons donc pas.

Les tuiles doivent être bien moulées et suffisamment résistantes pour que l'une d'elles placée sur le sol, la convexité tournée en haut, puisse supporter le poids d'un homme qui monte dessus à pieds joints. Elle doit, de plus, rendre un son clair, quand on la frappe avec un corps dur. On demande qu'elle soit imperméable. Sa cassure ne doit être ni feuilletée, ni lamelleuse. Il faut enfin éviter l'emploi de tuiles qui verdissent en se recouvrant de mousse.

On a cherché à supprimer complètement la porosité des tuiles par le vernissage. La glaçure colorée est le seul mode économique. On la choisit transparente et jamais opaque, car l'étain est un métal encore trop coûteux pour qu'on emploie l'émail stannifère. On a aussi essayé de pénétrer la pâte d'une manière huileuse ou bitumineuse.

Avec de la terre à tuiles, on peut fabriquer des faîtières, rives, poinçons, tuyaux, boisseaux, mitres, cheminées, balustres et une foule d'autres objets d'ornementation qui entrent dans la construction moderne.

Carreaux. — On désigne, en général, sous le nom de *carreaux*, de petites plaques en terre cuite ayant de 0m,018 à 0m,030 d'épaisseur, présentant le plus souvent, une forme carrée ou

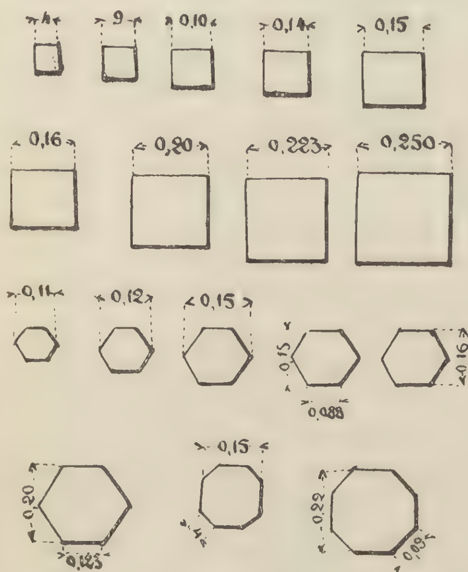


Fig. 9.

hexagonale et servant au pavage de certaines pièces qui doivent être tenues fraîches ou bien certaines dépendances d'une habitation (*fig.* 9).

Les carreaux communs sont ceux faits en terre

cuite. Leur fabrication a beaucoup d'analogie avec celle des briques et des tuiles. Elle demande cependant : 1° une pâte plus fine, dont ordinairement l'argile ou la marne argileuse qui en fait la base, a été lavée; 2° un façonnage plus soigné, pour que les pièces puissent se placer exactement les unes à côté des autres; 3° une cuisson qui les rende durs pour résister au frottement des chaussures.

On fabrique, depuis quelques années, non seulement des carreaux en terre cuite, mais encore un grand nombre de carreaux mosaïques dont nous parlerons plus loin.

On emploie surtout à Paris les carreaux en terre cuite de Paris, Marseille et Beauvais. Les carreaux hexagonaux, les plus usités, ont de $0^m,10$ à $0^m,22$ de diamètre inscrit. Les carreaux de Bourgogne sont les plus résistants à l'humidité, viennent ensuite ceux de Massy (Seine-et-Oise), Vaugirard, etc.

Les carreaux sont mis à bain de plâtre ou mieux à bain de ciment.

A Trèbes, près Carcassonne, et à Saint-Henri, on fabrique des carreaux dont la surface est polie ou vernie. L'usine de Saint-Paul fait des carreaux incrustés. En principe, l'incrustation se fait toujours sur un carreau blanc. La galette

blanche est portée sous une presse garnie d'un moule en plâtre représentant en relief le dessin qui se moule en creux dans la pâte du carreau, puis elle est pressée. Quand cette galette est à moitié sèche, l'ouvrier, avec une burette, verse, dans les creux formés, la barbotine blanche mélangée d'oxydes métalliques correspondants à la couleur que l'on désire donner au dessin.

Voici les oxydes qui produisent des colorations convenables :

Grès noir	Oxyde de fer ″ de manganèse
″ bleu vif	″ de cobalt
″ bleu pâle . . .	″ de cobalt
″ vert pâle ou foncé.	″ de cobalt
″ vert bleuâtre . .	″ de cobalt ″ de chrome

On peut obtenir des pâtes brunes avec du chromate de fer. Après le séchage, les parties de barbotine excédentes sont enlevées avec un instrument d'acier appelé *doloir* ; puis, le carreau est rebattu, coupé et cuit comme un carreau ordinaire.

Métaux. — Dans la construction, les métaux jouent un rôle de plus en plus important. Les métaux les plus employés sont le fer, la fonte, l'acier, le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb. On

fait aussi usage de divers alliages et principalement du laiton et du bronze.

Le *fer doux* est le plus pur et le plus ductile des fers employés dans les arts. Sa texture est grenue et devient fibreuse au cylindrage. Le *fer dur* est fragile. Le *fer fort* résiste bien à tous les efforts, se laisse forger et courber à chaud et à froid. Le *fer cassant à froid* est souvent dur et fragile à cause du phosphore qu'il contient. Le *fer métis* possède les qualités et les défauts des fers doux et durs ; il contient souvent du soufre et parfois de l'arsenic. Le *fer rouverain* ou *fer cassant à chaud* est doux, ductile et pliable à froid, mais ses arêtes se lèvent, sa cassure est souvent fibreuse. On ne peut pas le souder facilement et il est peu résistant, très oxydable et se forge au rouge blanc. Le *fer aigre* se casse à froid, si on le plie ou si on le frappe ; il se soude bien, mais est trop dur pour l'ajustage à la lime.

Le *fer* est très malléable, surtout le fer dur. Il prend le rouge sombre à 700° et le rouge blanc à 1 300°. Si l'on chauffe le fer à l'abri de l'air, au contact du charbon, il y a combinaison sans fusion. Le fer se *cémente* avec formation d'acier qui contient 1 à 1,5 de carbone p. °/₀.

Les principaux défauts du fer sont : les *pailles*,

qui se soulèvent en forme d'écailles ; les *doublures*, endroits où le fer n'est pas soudé au corroyage ; les *criques* et *gerçures* et les *cendrures.*

Le fer est employé dans toutes les constructions métalliques (ponts, fermes, coupoles, etc.), dans les planchers, supports et colonnes, en serrurerie. Il sert aussi à faire les chaînes, tirants, ancres, étriers, boulons, etc. Dans les constructions en ciment armé, il entre de grandes quantités de fer sous différentes formes.

Le *fer laminé* sert à faire la *tôle* et le *fer blanc*, etc.

Pour empêcher le fer de s'oxyder à l'air, on le protège par des peintures au minium de plomb, ou de fer, par le goudron, par la céruse. On obtient d'excellents résultats en étamant ou galvanisant le fer au zinc, on a alors le *fer zingué.* Le fer est d'abord décapé en le plongeant dans l'acide chlorhydrique étendu pour dissoudre les impuretés, puis séché et immergé dans un bain de zinc fondu.

Les fers qui renferment plus de 2 % de carbone prennent le nom de *fontes.*

Dans les fontes, on distingue la *fonte grise*, la *fonte blanche* et la *fonte truitée grise* ou *blanche.*

La cassure de la fonte grise est écailleuse; son grain est d'autant plus fin que la couleur s'éclaircit. La fonte blanche a une cassure lamelleuse, fibreuse ou grenue. La fonte grise est moins fusible que la fonte blanche ; elle est un peu élastique et conserve plus ou moins l'empreinte d'un coup de marteau. Elle est douce à la lime. La fonte blanche est très cassante, peu élastique, résiste à tous les outils et ne peut pas se travailler. La fonte truitée est un mélange des fontes blanche et grise.

La densité de la fonte grise est 7,2, celle de la fonte blanche 7,5. La fonte grise fond à 1 200° et la fonte blanche à 1 100°. La fonte en fusion augmente de volume au moment de sa solidification ; ensuite elle se contracte en se refroidissant. Le retrait de la fonte blanche est beaucoup plus considérable que celui de la fonte grise. La fonte est éminemment propre au moulage.

Dans la construction, la fonte grise a été utilisée pour poutrelles de planchers, pour supports verticaux, colonnes, piliers à nervures, etc. On préfère aujourd'hui faire les supports et piliers en fer ou en acier.

La fonte sert aussi à fabriquer des tuyaux pour conduites d'eau et de gaz.

La *fonte malléable* est une sorte de fer ; suivant la qualité de la fonte employée dans sa fabrication, on obtient un métal aussi et plus malléable que les fers de qualité ordinaire.

Les pièces sont coulées en fonte ordinaire, puis exposées à une haute température prolongée, le métal se débarrasse de son carbone, au moins en grande partie, et la fonte, qui eût été difficile à travailler avant la décarburation, devient très douce à la lime, peut se dresser, se ployer, et présente toutes les qualités du fer.

La fonte malléable convient surtout aux petites pièces, qu'on peut facilement amener à être chauffées jusqu'à l'âme, à une température suffisante, sans aller jusqu'à la fusion, ce qui arriverait pour des pièces d'un gros volume. On comprend que, pour de grosses pièces, les surfaces entreraient en fusion avant que le centre fût arrivé à la température voulue.

L'*acier* est un carbure de fer qui contient moins de carbone que la fonte. C'est un métal intermédiaire entre le fer et la fonte. Le carbone entre dans la composition de l'acier pour 6 à 7 $^0/_{00}$; la quantité de silice est presque négligeable.

L'acier a le grain plus fin que le fer ; sa cassure est grise ; il est plus élastique et plus résistant que le fer ; mais, plus cassant, il se soude et se

forge plus difficilement. Ce qui constitue la principale qualité de l'acier est la *trempe*, qui rend l'acier flexible, élastique, lui permet de se courber sous un effort et de reprendre ensuite sa forme primitive. La trempe consiste à faire passer brusquement l'acier d'une haute température à une température très basse par rapport à la première. Plus la différence est grande plus l'acier durcit. Le recuit lui rend ses propriétés primitives. Sa densité est égale à 7,80. Il entre en fusion entre 1400 et 1500°.

Naturel, c'est-à-dire avant la trempe, l'acier est gris clair, prend un beau poli et est très brillant. L'acier naturel ou de forge s'obtient en dépouillant presque complètement la fonte du carbure qu'elle retient, mais cette seule opération ne suffit pas, l'acier est encore impur. On le corrige par corroyage.

L'*acier de cémentation* est obtenu en exposant les pièces de fer à cémenter dans des caisses remplies de poussier de charbon, et en chauffant plusieurs jours à une haute température, le carbone s'introduit dans le fer, auquel il s'allie facilement. La cassure de cet acier est lamelleuse après la trempe, elle est d'un grain très fin et très égal ; sa couleur est gris bleu.

L'*acier fondu* est un des aciers précédents,

naturel ou de cémentation, fondu au creuset et forgé. Sa cassure est compacte, fixe, homogène et d'un gris blanc.

L'acier est employé dans les constructions. Il faut donner la préférence à l'acier sur le fer dans deux cas : 1° quand, à volume égal, on aura besoin d'une plus grande résistance et d'une usure plus lente ; 2° quand on voudra obtenir une grande légèreté d'aspect sans rien perdre de la sécurité.

Le *cuivre* est un métal rouge jaunâtre et brillant, très ductile, se laissant marteler et laminer à froid. Plus il est dur, plus il est malléable ; mais il est moins dur que le fer.

Le *cuivre* fond à 1 050° ; fondu, il donne une masse poreuse avec soufflures. Il se moule mal et ne se soude pas à chaud. A l'air humide, le cuivre s'oxyde et se couvre d'une couche verte d'hydrate de carbonate de cuivre appelée vulgairement *vert-de-gris*.

Dans le nord de l'Europe, on emploie la tôle de cuivre pour couvertures, gouttières et tuyaux de descente à cause de sa longue durée et de la facilité avec laquelle on la travaille. Les cheneaux en cuivre ont trois quarts de millimètre d'épaisseur.

Le *zinc* est un métal blanc bleuâtre, brillant,

qui s'extraît de la blende ou de la calamine. Cassant à la température ordinaire, il devient malléable un peu au-dessous de 100° et redevient cassant à 200° au point de pouvoir être pulvérisé sous le pilon. Il entre en fusion à une température de 360° et en ébullition à la chaleur blanche. Sa structure est cristalline et lamelleuse, il est plus dur, plus solide et moins ductible que l'étain ; il n'est pas aussi bon conducteur de la chaleur que le cuivre. Il est beaucoup plus fusible, il s'étend, s'aplatit à fond, mais se gerce sous le choc du marteau et se lamine parfaitement ; il s'écrouit alors, mais par le recuit, il redevient et reste doux, flexible et malléable.

L'humidité le recouvre d'une croûte d'oxyde de zinc qui le préserve. Il se ternit vite à l'air et se noircit rapidement sous l'eau, en se combinant avec l'oxygène. Le zinc est attaqué par la plupart des acides. Il ne faut pas l'employer pour des couvertures exposées aux vapeurs humides qui feraient agir sur lui le tanin du bois.

L'*étain* est un métal blanc argentin, très malléable, pouvant être réduit en feuilles excessivement minces sous le laminoir ou le marteau. Ce métal est doué d'une très grande mollesse et ne possède aucune sonorité. Il fait entendre un cri spécial quand on le plie. L'étain entre en

fusion à 228°. A l'état de pureté, sa pesanteur spécifique est de 7,290.

L'étain sert à étamer le fer. Le *fer blanc* doit son aspect d'argent à l'étain. Il entre dans la composition du bronze. Amalgamé avec le mercure, ce métal forme le *tain* des glaces. On fait aussi des canalisations de gaz en étain.

Le *plomb* est le métal qui, après le fer, rend le plus de services à l'homme. Quand il est pur, il a une couleur d'un gris bleuâtre. Il est blanc bleuâtre très éclatant quand il vient d'être râclé. Il présente une grande mollesse et peut facilement être rayé avec l'ongle. Il est très malléable et ductile ; il peut se réduire en feuilles très minces et s'étirer en fils excessivement déliés, qui ont peu de ténacité. Il entre en fusion à la température de 320 à 335°. Sa densité est de 11,352. Il se ternit promptement à l'air ; il se recouvre d'une pellicule grise ou noirâtre qui forme un vernis et que l'on considère comme un sous-oxyde.

Le plomb est employé en feuilles pour couvertures de toits ; en tuyaux pour conduites d'eau ou de gaz ; pour les scellements, il est alors coulé en fusion et maté ensuite pour qu'il remplisse bien le vide. Le plomb sert à la fabrication de la céruse, de la litharge, du minium, etc.

Certains autres métaux sont employés dans la décoration, principalement, le nickel, l'argent et l'or.

En architecture, la dorure a pour but d'enrichir et de mettre en lumière certains points de petites dimensions, tels que, pour l'extérieur : les chapiteaux, les chéneaux, les balcons, les grilles, les statues, etc., et pour l'intérieur : les moulures, les ornements sculptés, rosaces, feuilles, etc.

L'or est employé à l'état de feuilles extrêmement minces que l'on trouve dans le commerce en cahier. Les qualités en sont multiples et comprennent depuis le cuivre jusqu'à l'or le plus pur. On distingue l'or par son titre qui indique son degré de pureté. Il y a l'or jaune, l'or rouge et l'or vert.

Parmi les principaux *alliages*, citons le *laiton*, le *bronze*, le *fer blanc*, la *soudure*, etc.

Le *laiton* contient de 75 à 83 de cuivre et de 25 à 37 de zinc. Il est jaune clair, aigre, se moule et se polit bien. Sa densité est de 7,98. Il sert à faire des pièces d'ornementation, des tubes de chaudières et des robinets.

Le *bronze* est un alliage de 80 à 90 de cuivre avec 20 à 10 d'étain. Il est jaune rouge, plus dur, plus sonore, moins malléable que le cuivre.

Il se moule bien. Sa densité est de 8,69. Il fond à 900°. L'étain augmente sa dureté. Les bronzes doux sont employés pour robinets, les bronzes durs pour coussinets, cloches, etc.

Le *fer blanc* est une sorte d'alliage de fer et d'étain.

La *soudure des plombiers* renferme deux parties de plomb pour une d'étain.

Nous dirons encore que la pointe des paratonnerres est faite en platine iridié.

Pour l'étude complète des alliages, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de M. Gages [1].

---

[1] L. Gages. — *Les Alliages métalliques*. Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

CHAPITRE II

—

MATÉRIAUX ARTIFICIELS DÉPENDANT DE LA CHIMIE INDUSTRIELLE

Nous comprendrons, dans cette catégorie de matériaux artificiels, les divers produits fournis par les importantes industries du verre et de la céramique.

Verre. — On appelle *verre* une substance fusible à haute température, cassante, dure, transparente ou opaque, insoluble dans l'eau, pouvant résister à l'action des acides même concentrés, fournie par la combinaison, en proportions variables, d'un silicate de sodium ou de potassium avec un ou plusieurs des silicates suivants : silicates de calcium, de magnésie, de barium, d'aluminium, de fer, de zinc ou de plomb. Dans ce dernier cas, le verre porte la désignation de *cristal*.

Selon la nature ou la proportion des bases qui entrent dans la constitution du verre, les propriétés de ce dernier sont modifiées. C'est ainsi que, d'une façon générale, la stabilité, la dureté sont augmentées par un excès de chaux, de magnésie et d'alumine, tandis que ces propriétés sont atténuées par un excès de plomb, de bismuth, de zinc ou de fer. Par contre, ces bases, et surtout le plomb, donnent au verre une fusibilité très grande et lui communiquent un éclat et un pouvoir réfringent considérables, précieux dans les applications de l'optique.

En ce qui concerne la coloration, le choix des bases a une importance capitale ; la soude donne un verre qui, bien que très peu teinté en bleu verdâtre, est moins incolore que celui qu'on obtient avec la potasse ; le fer et le manganèse colorent fortement le verre, il en est de même de certains oxydes métalliques, ceux de cobalt, de nickel, de cuivre, d'urane, d'argent, d'or, qui donnent au verre une coloration propre à chacun d'eux, dont on tire parti dans la fabrication des verres colorés.

D'une manière générale, on a constaté que le verre gagnait en fixité si, au lieu d'un seul silicate, il s'en trouve plusieurs en mélange ; le verre qui en résulte est plus stable, plus fusible,

moins sujet à se dévitrifier (Appert et Henrivaux).

C'est là une condition heureuse dont bénéficie la fabrication des verres communs.

Suivant la nature des bases qui entrent dans la constitution, le verre prend des noms différents.

1° Verres sans oxyde de plomb qui se subdivisent en :	Verre soluble " à bouteilles " à vitres " à glaces " de Bohême Crown-glass
2° Verres à oxyde de plomb qui se subdivisent en :	Cristal ordinaire Flint-glass Strass Émail

La composition de chacune de ces sortes de verre, prise en particulier, est loin d'être invariable comme l'est celle d'un composé chimique cristallisé et bien défini.

Dans le tableau ci-après, nous donnons, d'après MM. Appert et Henrivaux, la composition chimique des différents verres :

COMPOSITION CHIMIQUE DES DIFFÉRENTS VERRES (APPERT ET HENRIVAUX)

Éléments	Verre soluble de Kuhlmann	Verres solubles	Verre à bouteilles	Verre à vitres	Verre à glaces	Glaces de Saint-Gobain	Crown de Guinaud	Crown anglais	Verre de Bohème	Cristal	Flint-glass	Strass	Émail
Silice.	69	69,88	53,55	69,75	75,9	72,1	72,1	62,8	71,6	56	42,5	38,2	31,6
Chaux	//	//	29,22	13,31	3,8	12,2	9,7	12,5	10	2,6	0,5	//	//
Potasse	//	30,12	5,48	//	//	//	18,2	22,1	11	8,9	11,7	7,8	8,3
Soude	31	//	//	15,22	17,5	15,7	//	//	//	//	//	//	//
Magnésie	//	//	//	//	//	traces	//	//	//	//	//	//	//
Alumine et oxyde de fer.	//	//	11,75	1,82	2,8	traces	//	2,6	6,1	//	1,8	1	//
Oxyde de plomb. . .	//	//	//	//	//	//	//	//	//	32,5	43,5	53	50,3
Acide stannique. . .	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	9,8
Oxyde de manganèse .	//	//	//	//	//	//	//	//	0,2	//	//	//	//

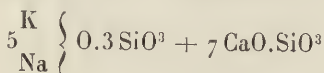
Le poids spécifique du verre dépend de sa composition. D'une manière générale, les verres chargés de chaux sont les moins denses, et les verres à oxyde de plomb sont les plus lourds.

	Densité
Verre à bouteilles	2,732
Verre à vitres	2,642
Glaces de Saint-Gobain	2,488
Crown-glass	2,487
Verre de Bohême	2,396
Cristal	3,255
Flint-glass	3,600
Flint-glass de Faraday	5,440
Verre au thallium	5,620

La réfraction est simple pour les verres bien recuits, refroidis très lentement ; elle est double pour ceux qui sont refroidis rapidement ou comprimés. Les verres de plomb et de bismuth réfractent fortement la lumière, sans cependant que leur degré de réfraction atteigne la valeur de celui que possèdent les corps à l'état adamantin.

	Coefficient de réfraction
Vide (pour unité)	1,000
Diamant	2,056
Cristal de roche à l'état vitreux	1,547
Crown de Fraunhofer	1,540
Flint de Fraunhofer	1,637
Verre au thallium	1,710 à 1,965

Il résulte des nombreuses observations faites par Benrath que les verres réputés les meilleurs présentent entre eux des analogies surprenantes et qu'ils se rapprochent tous d'une composition fondamentale ayant pour expression



$$5\left.\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O.3SiO^3 + 7CaO.SiO^3$$

ce qui correspond, pour le verre à vitres et à glaces à :

Silice	75,50
Soude	10,90
Chaux	13,60

pour le verre de Bohême :

Silice	71,50
Potasse.	15,50
Chaux	13

Pour le cristal, la formule est



$$5KO.3SiO^3 + 7PbO.SiO^3$$

ce qui correspond à :

Silice	51,50
Potasse.	11,20
Oxyde de plomb	37,30

D'après Benrath, ces formules correspondent au verre normal au maximum de résistance. Cet auteur considère le verre comme un com–

posé défini plus ou moins pur, dont la valeur est d'autant plus considérable qu'il contient une plus grande quantité de verre normal. L'excédent, silice ou base, est considéré comme une impureté qui, à l'exemple de ce qu'on observe dans les produits commerciaux, ne peut que nuire aux qualités du produit (Appert et Henrivaux).

On ne rencontre plus de fours chauffés au bois que dans quelques petites verreries de Bohême. Les fours à chauffage direct par la houille sont sur le point d'être complètement abandonnés et remplacés par les fours à gaz.

Le principe du four Boétius repose sur la combustion méthodique du charbon et se distingue surtout des fours à combustion directe par l'échauffement de l'air destiné à la combustion, et le mélange intime de l'air ainsi chauffé avec les gaz combustibles du foyer. Ce four a été perfectionné, en 1885, par M. Appert.

Le four Quennec présente une disposition analogue au four précédent.

Les premiers essais de chauffage par le gaz des fours de verrerie ont été tentés par Fickentschern de Zwickau (Saxe). En 1856, M. Siemens utilisa la chaleur que possèdent les gaz de la combustion au chauffage du gaz combustible et

de l'air comburant. Le four Siemens à chaleur régénérée se compose de trois parties : 1° Le gazogène, où le combustible est transformé en gaz ; 2° les générateurs ou récupérateurs qui constituent la partie essentielle ; 3° le four lui-même dont la forme est variable suivant sa destination.

En 1882, Klattenhoff, directeur de verreries à Jumet, a pris un brevet pour un nouveau mode de répartition des flammes dans les fours à gaz. Son four est dit à courants opposés.

Il existe encore le four rond à colonne centrale, système de Boismontbrun, chauffé au gaz avec récupérateur Radot et Lencauchez, le nouveau four Siemens à régénérateur de carbone, etc.

Les *verres à vitre* comprennent le verre simple, le verre demi-double et le verre double. On les fabrique par le procédé des cylindres, qui est très répandu, ou par celui des plateaux ou du verre en couronne.

Le *verre simple* a de $1^{mm},2$ à $2^{mm},2$ d'épaisseur, avec un poids de 4 kilogrammes au mètre carré environ. Une caisse renferme 60 feuilles de verre, c'est-à-dire 27 mètres carrés.

Le *verre demi-double* a une épaisseur de 2 à 3 millimètres et un poids de $6^{kgr},25$ par mètre

carré. Une caisse en contient 40 feuilles ou de quoi couvrir 18 mètres carrés.

Le *verre double* a de 3 à 4 millimètres d'épaisseur et son poids est de 8 kilogrammes environ par mètre carré. Une caisse en renferme 30 feuilles, soit $13^{m2},50$.

Le verre du Nord est vert, celui de Lyon est jaunâtre, celui de Bagneux (Haute-Marne) et de Choisy, près Paris, est plus blanc. On emploie le verre d'Alsace, fabriqué à Saint-Quirin, près Sarrebourg, à Baccarat, près Lunéville, à Saint-Louis, près Bitche, à Cirey près Blâmont, à Monthermé (Ardennes), à Prémontré (Aisne). Les verres d'Alsace ordinaires ont de 1 à 4 millimètres d'épaisseur.

Le *verre dépoli* a l'avantage, tout en laissant passer les rayons lumineux, de ne pas donner passage aux rayons visuels; il est plus propre que le verre transparent. On obtient le verre dépoli en attaquant le verre ordinaire par l'acide fluorhydrique, ou en enlevant le poli et la transparence en développant le verre ordinaire à chaud sur une table enduite de sable ou de plâtre. La machine au jet de sable dépolit le verre parfaitement et rapidement.

Le *verre cannelé* et *strié* est employé pour dérober à la vue les objets, sans diminuer l'in-

tensité de la lumière; il fatigue la vue et ne laisse passer les rayons visuels que d'une manière diffuse. Les verres cannelés se coulent sur des formes portant de petits canaux ou des stries en losanges.

Le *verre cathédrale* coulé imite une plaque de métal martelé.

Le *verre mousseline* présente des dessins formés par l'alternance des parties transparentes et de parties dépolies. On obtient ces dessins au moyen de pochoirs ou poncifs. On protège les parties transparentes par de la cire de l'attaque de l'acide fluorhydrique qui produit le dépoli.

Le *verre coloré* s'obtient en ajoutant des oxydes métalliques au verre ordinaire.

Les oxydes métalliques employés dans la coloration des verres sont susceptibles de donner des teintes différentes : 1° suivant l'état d'oxydation dans lequel on les emploie; 2° suivant la nature des verres dans lesquels on les incorpore : sodiques, potassiques ou plombeux; 3° suivant le degré de température auquel on les soumet; 4° suivant la durée d'action de cette température.

L'effet qui se produit dans ces deux derniers cas est une modification dans l'état d'oxydation du métal.

Nous donnons, à la page suivante, le tableau des colorations diverses données, d'après M. Henrivaux, par les oxydes métalliques dans les verres sodiques et potassiques et dans le cristal.

La Compagnie des glaces de Saint-Gobain fabrique des verres minces coulés beaucoup plus épais et plus résistants à prix égal que les verres à vitres. Ils remplacent ces derniers partout où la transparence complète n'est pas nécessaire, ou lorsqu'il faut atténuer la trop grande vivacité de la lumière solaire.

Si, au lieu de laisser refroidir lentement le verre après avoir subi l'opération du recuit, on le refroidit brusquement en le plongeant à l'état rouge dans un bain d'huile, on obtient le *verre trempé*. Les effets de la trempe sont purement physiques. La trempe change la constitution moléculaire du verre qui devient moins dense et ses fragments, quand on les brise, n'ont pas des arêtes vives comme le verre ordinaire.

La trempe du verre exigeant un bain dont la température varie entre 150 et 300°, on fait usage d'un mélange de $\frac{3}{4}$ d'huile de lin et de $\frac{1}{4}$ de graisse.

Quand la trempe est bien exécutée, le verre acquiert une très grande élasticité et une solidité telle qu'il peut alors résister aux chocs vio-

COLORATIONS DIVERSES DU VERRE PAR LES OXYDES MÉTALLIQUES (HENRIVAUX)

Oxydes colorants	Verres sodiques	Verres potassiques	Verres plombeux
Oxyde de cobalt	Bleu violacé terne	Bleu un peu vert brillant	Bleu
Bioxyde de cuivre	Bleu céleste tournant au vert	Bleu céleste très brillant	Vert
Protoxyde de cuivre	Rouge pourpre jaunâtre	Rouge pourpre plus jaune	Rouge pourpre sang
Oxyde de chrome	Vert jaune herbe	Vert jaune brillant	Jaune rougeâtre
Oxyde d'uranium	Jaune vert peu dichroïde	Jaune serin très dichroïde	Jaune topaze très peu dichroïde
Peroxyde de manganèse	Violet rougeâtre sombre	Violet améthiste sombre	Violet bleuté
Peroxyde de fer	Vert bouteille	Vert bouteille plus jaune	Jaune vert sombre
Protoxyde de fer	Vert bleu	Vert bleu presque bleu	//
Oxyde d'or	(Or précipité) marron et brun	Rouge et rose	Rouge et rose
Oxyde d'argent	Jaune serin et jaune orangé dichroïde si le verre est désoxydant		//
Carbone et soufre	Jaune serin	Jaune d'or	Noir (hyalite)
Antimoniate de plomb	Opaque blanc	Opaque blanc à une température élevée	Orangé opaque, avec addition de fer, est plus foncé.

lents. Le verre trempé ne se coupe plus au diamant.

On emploie le verre trempé pour fabriquer des vitres pour serres, qui constituent des carreaux incassables par la gelée et la grêle. On fait de même des tuiles en verre durci (*fig.* 10).



Fig. 10. — Tuile vitrée.

Les applications du verre sont extrêmement nombreuses dans la construction. En dehors de la vitrerie proprement dite, on fait, avec le verre, des glaces de toutes dimensions, des pavés de verre, des briques de verre, de la pierre de verre, des verres pour les phares, etc.

Les *glaces* sont constituées par des matières plus pures que le verre ordinaire et sont coulées alors que le verre est soufflé. La glace se différencie du verre par une plus grande régularité dans l'épaisseur ; par une surface plus unie qui, éclairée en biais, ne miroite pas comme le verre ; par les globules, qui sont sphériques dans la glace et ovoïdes dans le verre.

Deux miroirs placés en face l'un de l'autre, réfléchissent un grand nombre de fois les objets qui se trouvent entre eux, sans en altérer les contours, la forme ou les couleurs. Ces effets de

réflexion multiple ont été utilisés pour la décoration intérieure des appartements et des édifices. Ils ne peuvent être obtenus convenablement qu'avec des glaces en verre plan, dites *à répétition*, lesquelles doivent être un peu plus épaisses que les glaces ordinaires, et avoir une planimétrie parfaite.

La Compagnie des glaces de Saint-Gobain fabrique encore des glaces minces, de 2 à 3 millimètres d'épaisseur ; elles sont employées pour la miroiterie légère, la photographie, la vitrerie des voitures, les plateaux des machines électriques, etc.

Autrefois, on *étamait* les glaces au moyen d'un amagalme d'étain. On étendait sur un marbre placé de niveau une feuille d'étain de la dimension de la glace ; on posait ensuite dessus une couche de mercure de 5 millimètres d'épaisseur. La glace préalablement polie, était posée dessus et chargée uniformément pour presser sur le mercure ; on inclinait pour faire couler, et l'amalgame qui adhérait à la glace était composé d'environ 4 parties d'étain pour une de mercure.

Cet étamage, qui était si funeste à la santé des ouvriers, est presque partout remplacé aujourd'hui par l'argenture des glaces. Les glaces

argentées se transportent plus facilement et se détériorent moins rapidement que les anciennes glaces étamées. Par contre, l'argenture craint l'humidité. Il faut donc que les glaces soient posées sur un parquet en bois afin de ne pas mettre l'argenture en contact immédiat avec les murs. Quand les murs sont très humides, il est bon d'enduire les parquets en bois d'une peinture hydrofuge, ou tout au moins d'une double couche de peinture à l'huile. Entre le parquet et la glace, on intercale un fort molleton qui protège l'argenture contre l'humidité.

Indépendamment des glaces minces ou verres à reliefs, on emploie aussi, depuis quelques années, des *dalles* ou glaces brutes épaisses, de 20, 30 et 35 millimètres. Quand les glaces ont plus de 14 millimètres d'épaisseur, elles prennent le nom de dalles. Ces pièces servent généralement à l'éclairage des sous-sols, et se posent sur des châssis en fer. Ces dalles peuvent être moulées suivant toutes formes et dessins, au gré de l'acheteur.

Dans le calcul des charges à faire supporter à la flexion au verre convenablement recuit de Saint-Gobain, on peut compter, comme coefficient à la rupture : $R = 250$ kilogrammes par centimètre carré de section.

Les dalles en verre, unies ou quadrillées, coulées ou moulées, ayant moins de 40 millimètres d'épaisseur; 35 francs le mètre carré avec augmentation de 1 fr. 50 par mètre carré et par millimètre d'épaisseur.

Les *pavés de verre*, unis ou quadrillés, servent à éclairer les sous-sols sous les passages fréquentés par les voitures. La face de service peut être moulée suivant tous les reliefs. Comme les

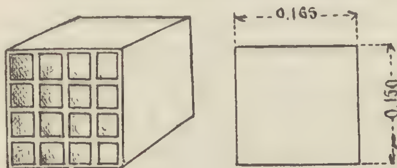


Fig. 11. — Pavés en verre.

dalles, ces pavés se posent sur mastic de vitrier, et sont maintenus par des châssis en fer à T; ils se vendent au poids, à raison de 0 fr. 50 le kilogramme. Le poids d'un pavé est en moyenne de 9 kilogrammes (*fig.* 11).

On emploie, dans les marchés couverts surtout, des *lames de persiennes en verre* qui laissent pénétrer le jour et l'air, mais s'opposent à l'entrée de la pluie.

On appelle *vitrail* une surface formée de divers panneaux en verre de couleur.

Les vitraux, qui peuvent affecter des dessins très variés, selon les styles adoptés, se montent en plomb. L'usage de sertir les différentes pièces d'un vitrail par du plomb est fort ancien. Ce métal était d'ailleurs le meilleur que l'on pût choisir, car il est souple, peu oxydable et d'un prix minime.

Quand on a choisi le dessin, l'ouvrier, à l'aide d'un papier à report, trace le motif sur un papier fort, puis, avec un tire-ligne, détermine les épaisseurs du cœur de plomb ; en se tenant à cheval sur le trait. Le cœur de plomb est l'équivalent de l'âme du fer à I. Ce tracé obtenu, reproduisant exactement le dessin du modèle, l'ouvrier découpe le papier, en ménageant l'épaisseur du trait tracé par le tire-ligne. Les morceaux de découpage donnent le contour que devront avoir les pièces du vitrail. On assemble ces morceaux, et, en se servant de chacun d'eux comme de calibres, on coupe au diamant des verres de ton correspondant au dessin.

On procède ensuite à la mise en plomb proprement dite. Pour cela, l'ouvrier assemble les verres sur un calque, sur lequel est reporté le motif calqué posé sur une grande table en bois dressée avec soin. Il chasse les verres dans les plombs sur l'angle gauche de la table, où des

règles à biseaux destinées à recevoir le plomb extérieur font un angle droit. Il ne reste plus qu'à contresouder le panneau sur l'autre face et à mastiquer les plombs.

On peut remplacer le travail de vitraux, qui est très coûteux, par une peinture sur verre qu'on cuit et qu'on protège par un second verre incolore.

M. Murat, avec son procédé appelé la *cristallographie* obtient des vitraux dits *diamantés*. On fait une peinture décorative au moyen de couleurs spéciales qui ne se décomposent pas et qu'on fixe ensuite par une cristallisation de verres pilés, qui les rend inaltérables. Cette cristallisation est maintenue par un double verre et une bandelette de caoutchouc rend l'herméticité plus grande, tout en garantissant contre l'action de l'air, contre toute condensation et contre la pénétration de tout corps étranger ou poussière. Ce procédé avec double vitrage, s'applique bien aux serres et aux jardins d'hiver.

Le vitrail adhésif Levens imite aussi les vitraux, un simple collage le fait adhérer au verre.

La maison P. Tixier fait aussi des imitations de vitraux pour décoration de fenêtres en tous genres, qui donnent bien l'illusion d'un vitrail

monté sur plomb. On fait également ce genre sur papier transparent qui s'applique facilement sur le verre des fenêtres.

Les *briques de verre*, système Falconnier, sont fabriquées en verre à bouteille ordinaire, et soufflées dans des moules qui leur donnent la forme désirée, comme des bouteilles. L'ouverture qui a servi à souffler la masse de verre est fermée à chaud par une goutte de verre.

Ces briques sont un excellent isolateur de la chaleur, du froid, de l'humidité, du bruit, des microbes et de l'électricité.

Le matelas d'air enfermé entre une double paroi, sans aucune communication avec l'extérieur, procure un isolement de premier ordre contre le froid, la chaleur, etc.

Fermées à chaud, ces briques se maintiennent d'une limpidité parfaite et ne laissent pénétrer aucune buée ou poussière pouvant ternir, elles sont bien supérieures pour l'inaltérabilité aux doubles fenêtres qu'elles remplacent, et qui se salissent rapidement à l'intérieur. La fermeture à chaud, à la température du verre malléable, augmente notablement la solidité des briques. La grêle a peu d'effets sur elles ; les voûtes et dallages en briques soufflées, supportent parfaitement la circulation de l'homme.

Elles donnent une lumière excellente; leurs facettes étant combinées pour briser les rayons solaires. Toutefois, ces facettes ne permettent pas de distinguer nettement les objets, surtout de l'extérieur à l'intérieur. Cette particularité permet, dans certains cas, d'ouvrir des baies sur les propriétés voisines, les briques de verre constituant un mur et non une fenêtre.

Les briques soufflées peuvent s'employer pour fenêtres fixes, séparation de pièces, murs et cloisons intérieures, pour la construction des voûtes sans fers, pour toitures et lanternes, pour le dallage et la couverture des cours; elles trouvent des applications spéciales et particulièrement intéressantes pour la construction de serres, pour les hôpitaux, salles d'opérations, établissements de bains, établissements frigorifiques, ateliers de photographie, etc.

La pose des briques de verre ne présente aucune difficulté et peut être confiée à tout maçon soigneux, le mortier doit être de préférence fait avec du ciment de Portland avec ou sans addition d'un cinquième de sable propre et pur. On peut également employer le ciment de Vassy, la chaux hydraulique ou le plâtre. Il faut nettoyer les joints avant que le mortier soit complètement sec.

Lorsqu'il s'agit de monter de grands panneaux ou de grandes voûtes, et qu'il y a lieu de prévoir des effets de dilatation, il suffit pour y remédier de passer sur les champs de briques une couche de colle forte, qui disparaît après la pose du ciment des joints et donne un peu de jeu à chaque brique.

Les dallages s'exécutent par travées de cinq briques de large ; ils se posent sur solives en fer à I espacées de 75 centimètres d'axe en axe et dont on a préalablement garni l'aile supérieure d'une bande de plomb.

Les verres à plusieurs bases peuvent éprouver diverses altérations quand ils sont fondus et refroidis lentement. La silice se partage alors entre les deux bases et forme des composés définis qui cristallisent. Les propriétés du verre dans ce cas sont complètement modifiées. Le phénomène se présente sur toutes les espèces de verres, mais plus particulièrement sur les verres à bases terreuses. Ceci explique pourquoi, dans la fabrication des bouteilles, l'ouvrier évite avec tant de soin de réchauffer plusieurs fois la masse de verre qu'il veut façonner. On désigne ce phénomène sous le nom de *dévitrification* du verre.

Cette dévitrification a depuis longtemps fait l'objet des recherches des savants. Réaumur,

Dumas, Pelouze, d'Arcet, pour n'en citer que quelques-uns, ont même tenté de transformer leur laboratoire en usine et de dévitrifier le verre industriellement.

M. Garchey qui, depuis longtemps, étudiait le moyen d'appliquer le verre à la décoration architecturale, après bien des recherches, est arrivé le premier à dévitrifier le verre, et à le façonner.

C'est en 1896 que M. Garchey prit ses premiers brevets et désigne ce nouveau matériau sous le nom de *pierre céramique Garchey*, et plus tard, sous le nom de *pierre de verre Garchey*.

La préparation de la pierre de verre est très intéressante. On lave les tessons de bouteilles et on les réduit en fragments en les déversant dans un broyeur ; puis, afin d'obtenir des grains de grosseurs différentes, on les fait passer dans un classeur giratoire. Après le classement des poudres, on les dispose dans un moule en fonte et on les fait séjourner pendant une heure dans un four d'échauffement ; l'action de ce premier four est d'échauffer progressivement la matière, de façon que toutes les parties en soient, autant que possible, également dévritifiées. Les molécules de verre sont alors réduites à un état de division extrême par suite de leur pulvérisation ;

elles éprouvent séparément l'action dévitrifiante de la chaleur, et cela très rapidement, puisque chacune d'elles subit le phénomène isolément. En même temps, elles se ramollissent et forment bientôt une masse pâteuse très consistante. On introduit les moules dans un four porté à 1 300°, dans lequel on ne les laisse séjourner que quelques minutes. C'est alors qu'on passe le moule sous la presse hydraulique, où la matière a été préalablement fixée. Un tour de roue, et la pesante masse de fonte s'abat, armée de couteaux latéraux, elle découpe la matière en même temps qu'elle la modèle. Cette opération d'estampage a, en outre, pour propriété, de refroidir la pièce fabriquée et de lui donner assez de consistance pour qu'aucune déformation ne soit à redouter par la suite. Enfin, on fait à nouveau séjourner les moules dans un four de refroidissement. Après quoi, on n'a plus qu'à retirer la pièce de son enveloppe de fonte.

L'aspect du nouveau produit varie extrêmement. Suivant que le grain est plus ou moins fin, la pièce de verre ressemble à telle ou telle pierre, blanche comme celle d'Angoulême, bleue comme celle de Lausanne, imitant la pierre de taille comme celle d'Euville, le ciment et même la roche.

La pierre de verre possède les plus remarquables qualités d'hygiène, et offre des garanties de solidité et de durée que le marbre seul pourrait lui disputer. Elle est, en effet, absolument inaltérable aux intempéries et à l'action des acides. L'eau ne la pénètre pas, et, à tous ces points de vue, son emploi sera très précieux dans les hôpitaux et dans les salles d'opération, puisqu'elle peut supporter les lavages antiseptiques les plus réputés sans être altérée. La pierre de verre peut être employée aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Elle peut être utilisée comme pavage. La ville de Genève en a fait un essai heureux.

La pierre de verre se vend de 8 à 10 francs le mètre superficiel. Elle résiste à la pression de 2 023 kilogrammes par centimètre carré et ne subit pas l'action de la gelée.

L'*opaline* laminée est une matière vitrifiée de teinte blanche légèrement azurée, dans la composition de laquelle il n'entre aucun oxyde métallique. Elle présente des qualités de résistance à l'usure et aux actions chimiques éminemment favorables à l'application des principes d'hygiène et de propreté dans les constructions.

L'opaline est inattaquable par les acides, inaltérable à l'air, d'une grande dureté. Elle possède

un pouvoir isolant identique à celui du verre. C'est un élément nouveau pour la construction permettant de couvrir des panneaux de grandes dimensions en une seule pièce, ayant sur le marbre notamment, l'avantage de ne pas s'imprégner ni se tacher.

L'opaline peut être façonnée comme la glace polie. Elle peut être bombée. Elle est susceptible d'être décorée comme la faïence et la porcelaine. Elle se fabrique uniquement dans les usines de la Compagnie des glaces de Saint-Gobain. Son épaisseur courante est de 10 à 12 millimètres. Néanmoins, la Compagnie peut livrer des plaques depuis 6 jusqu'à 35 millimètres d'épaisseur. Les plaques d'opaline présentent une face lisse destinée à former le panneau extérieur et une face brute rugueuse facilitant l'adhérence au mortier.

La dureté, la propreté et l'inaltérabilité de l'opaline la font employer pour les dalles et revêtements d'hôpitaux, salles de bains, abattoirs, usines, théâtres, ainsi que pour les dessus de toilettes, tables, étagères à instruments de chirurgie, etc. Son pouvoir isolant égal à celui du verre, rend souvent son emploi avantageux dans l'industrie électrique. Cette nouvelle matière est particulièrement propre à recevoir les émaux et

les couleurs vitrifiables. Elle permet aux artistes de réaliser de grands panneaux décoratifs d'une seule pièce et d'un bel effet. On peut, avec elle, facilement fabriquer des enseignes et des plaques indicatrices d'une durée indéfinie.

Le *strass* est un verre plombeux plus riche en oxyde de plomb que le cristal, dont la joaillerie fait usage pour l'imitation des pierres précieuses. On est arrivé à en faire des imitations si parfaites au point de vue de la coloration et de la limpidité, que la densité et la dureté sont les seuls moyens dont on dispose pour distinguer les produits artificiels des pierres naturelles.

Le strass incolore se rapproche beaucoup du flint-glass et est employé pour imiter les diamants. Il est préparé avec des matières d'une pureté irréprochable, qui sont fondues, puis refroidies lentement. Le strass a la composition chimique suivante :

Silice	31,2
Alumine	1
Oxyde de plomb	53
Potasse	12
Borax	2,8
Acide arsénieux	traces

Les pierres artificielles colorées ont toutes le strass pour base. On les obtient en faisant fon-

dre le strass incolore avec les oxydes métalliques. L'émeraude est donnée par l'oxyde de cuivre, le saphyr par l'oxyde de cobalt, le grenat par le verre d'antimoine et le pourpre de Cassius, etc.,

Pour l'éclairage des sous-sols on emploie les *dalles à prismes* et le *lucidux* combinés avec ces dernières. La dalle est construite de façon à pouvoir présenter un grand développement de surface utile, et à renvoyer la lumière de la partie supérieure, tout en renvoyant la lumière de la partie inférieure par les prismes situés à la base de la dalle. Le lucidux prend la lumière des dalles et la dirige dans la partie principale du sous-sol. On peut aussi faire des cloisons avec du lucidux.

La fabrication des *verres d'optique* est de date encore récente. Pendant très longtemps on se procurait le verre nécessaire aux opticiens en choisissant parmi les morceaux de verre ordinaire ceux qui remplissaient le mieux les conditions requises. C'est à Guinaud, né en Suisse, que l'on doit les procédés qui permettent d'obtenir, méthodiquement, et à coup sûr, le verre d'optique. . . . . .

Ces verres doivent être aussi incolores que possible, sans stries ni fils, homogènes et peu trempés. On se rend compte de la qualité du

verre en le plaçant, après l'avoir poli grossièrement au préalable, devant l'objectif d'une lunette. En recevant le faisceau lumineux d'une petite flamme placée à distance convenable, on aperçoit les défauts qui sont décelés par les différences d'intensité lumineuse. Les moindres variations de densité, de trempe, sont aperçues très facilement.

Les compositions chimiques des verres d'optique varient avec l'usage que l'on veut faire de ces verres. Le verre de Saint-Gobain qui est exclusivement employé pour la construction des lentilles des phares de France, a pour composition chimique :

Silice.	72,1
Soude.	12.2
Chaux.	15,7
Alumine et oxyde de fer.	traces

La forte teneur de ce verre en silice et en chaux le rend très dur et inattaquable à l'air ; sa pureté, sa faible coloration et l'absence presque complète des ondes ou stries le rendent particulièrement propre à cette application. Il n'absorbe, en effet, que $\frac{1}{2}$ % de lumière par centimètre d'épaisseur ; quant à la perte par réflexion, elle est évaluée à 10 % de la lumière incidente pour

les incidences comprises entre la normale et 45° ; au delà de 45°, elle augmente progressivement.

On appelle *émail* toute matière vitreuse, transparente ou opaque, colorée ou incolore, qui sert à recouvrir les corps. Il y a à considérer les émaux opaques et les émaux transparents. Les uns et les autres peuvent être colorés par les oxydes métalliques.

L'acide stannique, l'acide arsénieux, l'antimoniate d'antimoine, le phosphate de calcium, les chlorures de plomb et de zinc produisent un verre opaque par leur incorporation dans un verre plombeux.

Les principaux oxydes métalliques employés pour colorer les émaux sont : l'oxyde de cobalt calciné et pulvérisé, qui donne le bleu saphyr ; le bioxyde de cuivre, qui donne le bleu céleste ; le protoxyde de cuivre, qui donne le rouge pourpre ; l'oxyde de chrome, qui donne le vert ; l'oxyde d'uranium, qui donne le jaune serin ; l'oxyde de manganèse, qui donne le violet et enfin le chlorure d'argent qui donne le jaune.

L'application des émaux sur les métaux communs répond au double but de protéger la surface de l'objet contre l'oxydation et en même temps de concourir à la décoration.

Céramique. — On trouve, en Égypte, des poteries auxquelles il est possible d'attribuer la plus haute antiquité. Utilisant les terres assez plastiques déposées par les alluvions du Nil, les Égyptiens ont d'abord fabriqué des briques en terre crue; puis, ils les cuirent, quand le hasard leur fit découvrir la propriété de l'argile de durcir à la chaleur. Les poteries émaillées égyptiennes sont bien des faïences. Les Assyriens et les Chaldéens ont également fabriqué des poteries semblables; mais moins parfaites. La pâte employée par les anciens Persans était très siliceuse, très peu plastique et avait l'aspect d'une pierre de grès tendre. Plus tard, ils employèrent des pâtes plus plastiques, qui leur ont permis de faire des vases et des plats.

C'est dans le courant du XIIe siècle que l'emploi du vernis plombifère semble s'être répandu en France, et c'est au commencement du XVIe siècle que les céramistes italiens commencèrent à être appelés en France par François Ier et par des grands seigneurs, comme les Montmorency. Les premières faïences d'origine purement française sont celles dites d'Oiron, qui sont longtemps restées comme une énigme céramique. Bernard Palissy, après de longues recherches, finit par créer des faïences d'un caractère ori-

ginal, qui appelèrent sur lui l'attention de plusieurs grands seigneurs et particulièrement du connétable de Montmorency. C'est au commencement du XVII[e] siècle que les frères de Conrade commencèrent à Nevers à fabriquer des faïences d'après les procédés qu'ils avaient appris à connaître en Italie. Cette fabrication a eu un grand succès. La première fabrique de faïence fut créée à Rouen, en 1673. La faïencerie de Moustiers fut fondée, vers 1680, par la famille de Clérissy. Enfin, la famille des Hannong créa, en 1709, à Strasbourg, une faïencerie qui dura jusqu'en 1790.

Dans ces dernières années, plusieurs faïenciers sont entrés dans la voie de la décoration architecturale en fabriquant des carreaux de revêtement qui sont certainement devenus un des plus beaux et des plus puissants moyens d'ornementation de l'intérieur de nos habitations. La faïence stannifère, agonisante au commencement du XIX[e] siècle, est de nouveau fabriquée depuis une soixantaine d'années. Ses applications se sont d'abord bornées à la fabrication de poêles, puis sont venues des imitations des anciennes faïences mauresques, italiennes, françaises, hollandaises; puis enfin, leur utilisation dans la décoration monumentale, où elles s'unissent aux

terres cuites; on a encore fait revivre, ces dernières années, les anciennes faïences persanes, à pâte siliceuse, à glaçure alcaline transparente. Cette poterie, grâce à l'éclat et à la richesse incomparable de ses couleurs est certainement, au point de vue décoratif, la plus belle qu'ait su produire l'art de la céramique.

Le *grès* a trouvé une application dans la canalisation et les appareils sanitaires, faisant ainsi de la céramique l'auxiliaire indispensable de la nouvelle science de l'hygiène. De même, son emploi est devenu considérable dans les fabriques de produits chimiques, grâce à sa résistance aux acides. Enfin, il s'est créé d'importantes usines qui fabriquent des carreaux de pavement en grès, soit unis, soit décorés par des incrustations de pâtes colorées d'un très bel effet décoratif.

Les *briques en porcelaine* de M. Mouret sont creuses et ont $0^{m},22$ sur $0^{m},12$ et $0^{m},06$; elles se vendent $0^{fr},65$ la pièce. Grâce à leur imperméabilité et leur inaltérabilité, leur durée est considérée comme indéfinie. Employées depuis longtemps en Chine, les briques en porcelaine, à cause de leur durée, deviendraient, à la longue, moins coûteuses que les briques ordinaires.

On fait aussi des *carreaux de faïence* ou de

terre cuite, dont la surface est émaillée. Ils servent pour les poêles, les cheminées pour les revêtements des cuisines, les salles de bains, etc. partout où il est nécessaire de pouvoir promptement nettoyer. Ces carreaux se font de toutes dimensions, le commerce en offre un choix considérable, et de plus, on fait sur commande tous les tons et tous les dessins. En carreaux carrés, les dimensions les plus courantes sont : $0^m,100$, $0^m,150$ et $0^m,200$ de côté.

Un carrelage n'a pas à supporter, comme les briques de bâtiment, des charges parfois considérables ; mais, en revanche, il doit résister au frottement incessant des chaussures et opposer un obstacle infranchissable à l'humidité du sol. Il suit de là que les carreaux, qu'ils soient d'ailleurs unis ou incrustés, doivent posséder deux qualités essentielles, qui sont la dureté et l'imperméabilité. Ces deux conditions imposent l'obligation de n'employer, pour fabriquer les carreaux, que des argiles plastiques non pas absolument pures, mais contenant des traces d'alcalis (potasse ou soude) et une légère quantité de fer qui ne doit pas dépasser 5 à 8 $^0/_0$.

Les argiles plastiques pures cuisent aux plus hautes températures en donnant un produit très dur qui subit du retrait au feu, mais sans se

déformer, et qui présente une texture compacte et serrée, analogue à celle des grès cérames et des porcelaines. Si, de plus, ces argiles contiennent de 5 à 8 % d'oxyde de fer, au maximum, elles cuisent en grès à ces températures élevées, c'est-à-dire que la présence du feu détermine, non pas la fusion de la pâte, mais un commencement de ramollissement qui donne à la cassure l'apparence vitreuse et brillante du grès, en même temps qu'il assure l'imperméabilité parfaite du produit.

Pour fabriquer des carreaux incrustés, on emploie des grès cérames fins et blancs. On obtient ces grès en remplaçant une partie de l'argile plastique par du feldspath qui est un silicate double d'aluminium et de potassium et par du kaolin, qui est le résultat de la décomposition du feldspath. Cette introduction d'éléments feldspathiques, légèrement fusibles, a pour effet d'abaisser la température de cuisson et de donner une pâte plus dure, plus fine, plus blanche et moins exposée à se fendre en séchant. D'un autre côté, l'alcali (potasse du feldspath) s'ajoute au peu de fer qui reste dans la pâte pour lui conserver un commencement de ramollissement à la cuisson et pour lui communiquer l'imperméabilité du grès cérame commun. Les propor-

tions suivantes de ces trois substances fournissent un excellent grès cérame fin à pâte blanche :

Argile plastique de Dreux	25 %
Kaolin argileux de Saint-Yrieix . .	50
Feldspath de Saint-Yrieix.	25

Après avoir broyé ces substances, on en fait une pâte qu'on tamise, qu'on malaxe et qu'on bat, puis on la fait sécher et cuire à une température de 1 400° à 1 450° dans des fours cylindriques à *alandiers*.

On peut colorer la pâte des grès fins cérames dans toute sa masse par un oxyde colorant. Tantôt l'oxyde est employé seul ; tantôt il est préalablement fritté ou fondu avec une substance dégraissante, sable ou feldspath. On broie le tout extrêmement fin et on opère, dans un moulin spécial, le mélange de la poudre obtenue avec les éléments broyés du grès. Cette poudre colorée est réduite en une pâte qu'on peut tamiser, malaxer et cuire comme une pâte blanche, ou qu'on emploie tout de suite à la fabrication des carreaux incrustés.

Les grès cérames, qu'ils soient fins ou communs, sont les produits céramiques les plus riches en silice. Les plus siliceux en contiennent

75 % et les moins siliceux de 62 à 66 %. Les autres éléments composants sont l'alumine pour 19 à 29 %; l'oxyde de fer, pour 1 à 1,55 %; la magnésie depuis quelques traces jusqu'à 0,92 %, enfin les alcalis (potasse ou soude), depuis quelques traces jusqu'à 1,42 %.

Ce sont les proportions de ce mélange qui déterminent la fusibilité du composé ; et la température à laquelle il convient de cuire les produits sans les déformer (M. J. Foy).

Les carreaux cérames, qui sont d'une dureté exceptionnelle, conviennent aux endroits qui fatiguent beaucoup. Ces carreaux sont cuits, se conservent bien et offrent un grand choix de dessins et de couleurs.

En poterie, on fait encore des tuyaux ronds de différents diamètres, des tuyaux en grès vernissé pour les canalisations, des wagons unis et solidaires pour conduits de fumée, etc.

Depuis longtemps, les *carreaux mosaïques* sont employés dans les maisons particulières pour pavement des corridors, vestibules, vérandas, balcons, salles à manger, salles de bains, salles de danse, buanderies, cuisines, etc. Leur emploi est également très répandu dans les édifices publics, tels que chapelles, églises, musées, salles de pas perdus, etc. Moyennant des com-

binaisons de différents dessins et bordures, on obtient des dallages d'un bon marché relatif.

Enfin, on les utilise, intérieurement et extérieurement, comme revêtement de murs. Employés de cette façon, ils ont le double avantage de préserver le mur contre l'humidité en même temps qu'ils le décorent.

Les carreaux de pavage doivent, quand on les frappe avec un corps dur, rendre un son clair. Ils doivent aussi être inattaquables par la gelée, assez durs et assez tenaces pour résister à l'usure.

Les carrelages mosaïques en grès cérame doivent être très durs, faire feu sous le choc du briquet et rayer le verre ; aucun agent chimique ne doit pouvoir les altérer. Ils doivent, par conséquent, résister à toute action atmosphérique et subir alternativement l'influence de l'humidité et de la gelée la plus intense sans se détériorer.

Pour mettre en œuvre un carrelage céramique, un fond solide est absolument indispensable. A l'intérieur des habitations, le sol doit être bien pilonné. On peut se contenter d'une aire de sable bien plane. A l'extérieur, il faut faire une aire solide en bon béton ou en briques bien cuites et recouvrir le tout d'une couche de ciment.

Pour la pose, le sol doit être parfaitement nivelé et on procède comme pour un parquet en établissant une ligne de départ, au milieu autant que possible, sur laquelle on trace un trait d'équerre. Puis, se basant sur ces deux lignes, on pose à sec les carreaux les uns contre les autres, c'est-à-dire qu'on les appareille pour s'assurer qu'ils occupent bien leurs places respectives. Ceci fait, on trempe dans l'eau les carreaux et on les fixe l'un après l'autre au ciment en observant soigneusement le niveau arrêté. Le carrelage par ses dimensions n'arrive pas toujours à faire la mesure exacte de la pièce; on s'arrange ordinairement pour qu'il reste autant d'un côté que de l'autre et on remplit ce petit espace avec des carreaux coupés et de tons unis.

Matériaux réfractaires. — On emploie des matériaux réfractaires pour faire les revêtements intérieurs des fourneaux et des fours qu'on porte à une très haute température. Ces matériaux ne doivent pas fondre à la température à laquelle sont portés les fours dont ils ont constitué la chemise intérieure.

Outre l'infusibilité, les matériaux réfractaires doivent présenter, en même temps, d'autres qualités qui sont les suivantes : ne pas subir de retrait sensible, ne pas s'exfolier, pouvoir sup-

porter une pression d'au moins 100 kilogrammes par centimètre carré, ne pas être perméables, résister à l'action corrosive des cendres et de certains fondants.

On peut diviser les matériaux réfractaires en trois classes :

1° Les matériaux formant des garnitures qui sont toujours siliceuses ;

2° Les matériaux formant des garnitures basiques, qui sont constitués par des bases telles que la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer, etc., ou par des substances minérales telles que la dolomie, etc. ;

3° Les matériaux formant des garnitures neutres qui sont uniquement constitués par des minerais de chrome.

Les matériaux acides sont de beaucoup les plus employés : ils servent à faire les revêtements intérieurs des hauts-fourneaux, des fours Martin-Siemens, des fours à ciment, etc.

Les matériaux basiques et neutres s'imposent quand on se propose d'éliminer le phosphore des métaux à obtenir.

Dans son ouvrage sur l'*Élaboration des métaux dérivés du fer* (Encyclopédie des Aide-Mémoire), M. le capitaine Gages a traité cette question des matériaux réfractaires. Nous n'a-

jouterons que quelques mots à ce travail que nos lecteurs pourront utilement consulter.

Les *briques de silice* ont la remarquable propriété de ne point se contracter à la chaleur. Elles ont été introduites en France, par les frères Martin ; il y a quarante ans environ, au cours de leurs recherches pour appliquer le chauffage Siemens à la fusion de l'acier sur sol. Elles sont originaires de Dinas, petite ville du pays de Galles, elles renferment de 87 à 90 °/₀ de silice et un peu de chaux. Elles ne sont attaquées que par l'acide fluorhydrique.

Les briques renommées de Hourbridge, en Angleterre, ont la composition suivante :

Silice	63	à 67
Alumine	25	31
Peroxyde de fer	3	6
Alcalis.	0,7	2

Le *carbone* est peut être la substance la plus infusible que l'on connaisse ; mais, d'après M. Moissan, il est volatilisé à la chaleur du four électrique. Si ce corps ne joue pas un plus grand rôle dans la constitution des matériaux réfractaires, c'est qu'il est trop sujet à s'user sous l'action oxydante de l'air chaud. Il se produit alors de l'oxyde de carbone et la brique brûle, mais sans se fondre.

Pour la fabrication des *briques de carbone*, on se sert de graphite pulvérisé que l'on mélange avec un peu de goudron. Les briques, une fois moulées, sont cuites séparément dans des moules en fonte aussi fermés que possible. Le goudron distille et laisse entre les particules de graphite un ciment de coke qui donne la liaison nécessaire.

On fait aussi, notamment en Styrie, des *briques de magnésie* qui donnent d'excellents résultats ; malheureusement, le prix élevé de cette matière n'en permet pas l'emploi courant. On utilise de préférence la *dolomie*, carbonate double de calcium et de magnésium, que l'on trouve en assez grande quantité.

CHAPITRE III

MATÉRIAUX ARTIFICIELS ASSOCIÉS A L'AIDE D'UNE ARMATURE MÉTALLIQUE

Dans le présent chapitre, nous décrirons les nouveaux modes de construction que l'on désigne sous les noms de ciment, plâtre, briques et verre armés.

Ciment armé. — Les constructions en *ciment armé* ou *béton armé*, de genres si divers, résultent toutes de l'association du ciment ou du béton avec le fer ou l'acier.

Les origines du ciment armé sont assez obscures; les auteurs ne s'accordent pas tous sur les noms des innovateurs. Il est bien certain que, depuis très longtemps, on avait remarqué que le fer se conservait très bien dans le ciment et qu'on l'employait pour ancrer les maçonneries et leur servir de lien, surtout lorsqu'elles pouvaient être appelées à supporter des poussées

déterminant des efforts de traction et des glissements.

La première apparition officielle du ciment armé remonte à l'Exposition universelle de 1855, à laquelle on avait fait figurer un bateau construit d'après ce système par Lambot. Les premiers principes du béton armé ont été énoncés, en 1861, par François Coignet et le premier brevet, pris par Joseph Monnier, sur ce mode de construction, remonte à 1865. Une première application de l'association du fer et du béton a été faite en France, en 1876, au port de Toulon ; mais il faut aller jusqu'à l'Exposition universelle de 1889 pour trouver une nouvelle application du ciment armé dans la construction des tuyaux de conduite en sidéro-ciment du système Bordenave et quelques spécimens du système Cottancin. En 1892, surgirent dans notre pays les deux nouveaux systèmes de construction en ciment armé de F. Hennebique et Coignet. Depuis cette époque, ont été imaginés une foule de systèmes de constructions en ciment armé, se greffant sur les premiers et on peut dire que les Expositions universelles de Paris, en 1900, et de Düsseldorf, en 1902, ont donné au béton armé les consécrations officielles qu'il méritait.

On s'est longtemps demandé comment se

comportait le fer dans le ciment. L'expérience a répondu à cette question. Le fer ne s'oxyde pas dans le ciment; au contraire, il se décape et il adhère parfaitement au béton. Il ne désagrège pas l'ensemble sous l'influence des variations de température, et cela tient à la presque identité des coefficients de dilatation du fer et du ciment.

Les constructions en ciment armé présentent aussi un avantage considérable, c'est qu'elles sont absolument incombustibles. De nombreuses expériences ont prouvé que ces constructions pouvaient subir sans détériorisation ni affaiblissement dans leur résistance l'action d'un feu intense et celle non moins intense d'une projection d'eau froide.

Le ciment armé ayant fait l'objet d'une étude spéciale dans l'Encyclopédie des Aide-mémoire, nous prions le lecteur de consulter cet ouvrage s'il désire connaître cette importante question (1).

Plâtre armé. — Le plâtre armé a joué un rôle considérable dans les constructions de l'Exposition universelle de 1900. Les édifices établis pour une durée éphémère de six mois, ont

---

M.-A. Morel. — *Le Ciment armé et ses applications.* Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

été édifiés pour la plupart en charpente de bois ; les grands halls, les grands palais ont eu seuls une ossature en fer ; mais, pour tous, la façade a été disposée de manière à donner l'aspect d'une construction solide en pierres de taille.

Pour obtenir cet effet, on a revêtu les squelettes en charpente, d'un lattis en bois, sur lequel on a appliqué un treillis en fer hourdé en plâtre avec enduit de même matière.

Le *métal déployé* se prête parfaitement au genre de construction en plâtre armé, notamment pour les plafonds et les cloisons.

En ce qui concerne les planchers formant plafond, on commence par établir sous les poutrelles en fer à I, un faux plancher, et on pose le métal déployé sur les ailes inférieures. Par dessus, on pilonne le béton de manière à former un hourdis ayant l'épaisseur voulue et qui englobe entièrement le treillis ; on recouvre ensuite sa face inférieure d'un crépis en plâtre qui constitue le plafond. Sous les ailes des fers, où le plâtre ne saurait adhérer, on dispose quelques bouts de treillis ou lattis de métal déployé sur lesquels on applique le coulis de plâtre.

Quand il s'agit de cloisons, on fixe aux solives du plancher des tirants de fer rond. On place ces tirants à des distances variant de 30 à 60 cen-

timètres. Les feuilles de lattis, qui mesurent $2^m,44$ sur $0^m,82$ sont posées le long des tirants qu'elles enlacent, en passant alternativement devant et derrière eux. Pour faciliter la pose de ces feuilles, on prend la précaution de les retenir à l'aide de quelques ligatures en fil de fer. Si le plancher haut et le plancher bas sont en fer, on accroche aux poutrelles des crampons qui servent à retenir les tirants. Pour tendre ces derniers, on se sert de crochets avec tiges filetées. Le plâtre est ensuite gobeté sur les deux faces des lattis.

On peut encore faire en plâtre armé des cloisons doubles.

Fibrocortchoïna. — On a beaucoup employé ce genre de construction à l'Exposition universelle de 1900.

Il consiste dans l'établissement de panneaux séparés, fabriqués à l'usine et posés ensuite en revêtement dans les édifices.

Ces panneaux se composent d'un bâti en bois, sur lequel on fixe un treillis de chanvre et fil de fer. Ce treillis est enduit de plâtre avec une composition spéciale.

Ces panneaux admettent tous les ornements possibles. Ils peuvent servir pour cloisons, plafonds, hourdis, planchers, isolements de toitures,

murs de clôture et d'espaliers, etc. Ils se débitent comme du bois, et se prêtent à toutes les formes.

Le prix moyen est de trois francs le mètre superficiel de panneaux en plâtre pour toutes épaisseurs, compris enduits, les panneaux étant employés en remplissage, revêtements extérieurs et intérieurs, plafonds, hourdis, planchers, etc.

Une maison de campagne a été construite à Sevran, près Paris, avec des panneaux de fibro-cortchoïna.

Brique armée. — La brique armée ou métallo-brique est d'invention récente. Ce produit très intéressant est encore peu connu en France. Il est formé d'un grillage métallique à mailles carrées de 2 centimètres de côté, sur lequel, à l'intersection de chaque fil, on a monté une petite croix d'argile, laquelle est ensuite cuite comme la brique ordinaire. C'est en quelque sorte une toile métallique garnie de briques ou bien de la brique armée de fils de fer.

Ces fils de fer ont un millimètre de diamètre.

Le métallo-brique se fabrique par bandes de 5 mètres de longueur sur un mètre de largeur; il se livre en rouleaux et coûte à l'usine $1^{fr},50$ le mètre carré. Son poids est de 5 kilogrammes par mètre carré.

L'argile qui sert à fabriquer le métallo-brique

doit être très fine et un peu grasse ; le moulage, se fait au moyen de machines spéciales et la cuisson nécessite des fours de formes particulières.

Ce produit s'emploie comme porte-crépi ; il a le grand avantage d'être très flexible dans tous les sens et d'épouser toutes les formes qui se présentent.

Il permet de supprimer les garnissages massifs, et les travaux préparatoires de lambourdage et de charpente, pour les grandes corniches, les voussoirs, etc.

On l'a déja employé pour la construction de voûtes d'églises à grande portée avec de simples fers ronds de 15 à 20 millimètres de diamètre comme ossature.

Le métallo-brique sert également comme hourdis de planchers, cloisons, revêtements légers sur parois en fer ou en bois.

Employé comme plafond, il assure l'incombustibilité du plancher et on prétend qu'il ne se produit jamais de fissures, ce qui serait une grande qualité.

Ce nouveau matériau présente donc des qualités multiples, pour la construction des planchers incombustibles ; il a beaucoup d'analogie avec certains systèmes de béton armé, mais il a

sur ceux-ci l'avantage de supprimer le coffrage ou platelage et, tout en faisant cette économie, il apporte sa part de résistance au béton. Il est donc à présumer que lorsque les constructeurs l'auront bien étudié, ils sauront en tirer d'utiles et d'intéressantes applications pour les constructions incombustibles qui sont absolument à l'ordre du jour.

Nous pouvons citer un certain nombre d'applications du métallo-brique faites depuis quelques années. Notamment pour la reconstruction de la Comédie Francaise, après l'incendie de mars 1900; le château de Rochefort (Seine-et-Oise), le refuge de Félix Faure au col de la Vanoise, les plafonds exposés à l'humidité dans diverses grandes usines de teintures, d'apprêts, etc., les voûtes légères pour l'assainissement dans divers forts de l'Est, etc.

M. Cottancin intercale, de son côté, dans les mailles de l'ossature métallique du système qui porte son nom, des solides pleins ou creux.

Dans le cas de briques pleines, les brins de la chaîne et de la trame de l'ossature passent dans les joints horizontaux et verticaux, qui sont garnis par du mortier de ciment.

Pour les pièces creuses, la chaîne passe dans tous les trous des briques creuses ou seulement

dans un certain nombre suivant la résistance à donner ; les vides, où passent les brins de trame suivant les joints horizontaux sont également garnis de ciment.

Si les cloisons n'ont pas de grandes charges à porter, M. Cottancin constitue, avec des briques armées par une ossature, une espèce de pan de fer, et le reste est rempli avec les briques ordinaires ou avec des carreaux de plâtre, de ciment ou de tout autre nature. Ces pans de briques peuvent être armés très solidement par des barres métalliques qui passent dans les trous ou les joints de briques.

Pour obtenir des surfaces verticales, portant de fortes charges, on supprime les remplissages, tout en fortifiant les parois en briques armées par une ossature avec épines-contreforts en ciment ou en solides creux ou pleins, armés également par une ossature.

On peut établir aussi des doubles cloisons avec des solides creux ou pleins, armés par une ossature et entretoisés par des épines-contreforts.

Comme exemple de cloisons en briques armées, nous citerons les pavillons diphtériques à l'hôpital des enfants malades à Paris. Les murs des façades du pavillon de la République de Saint-Marin à l'Exposition universelle de 1900

comportaient également des briques armées qui formaient l'ossature, les remplissages étaient en carreaux de plâtre armé.

Verre armé. — Le verre armé n'est pas un produit très nouveau. Depuis plus de dix années, l'Allemagne, et surtout les États-Unis, l'emploient avantageusement dans la construction. Les autres nations ont peu à peu suivi le mouvement ; seuls, les ingénieurs et architectes français avaient hésité jusqu'en ces derniers temps, à le considérer comme un auxiliaire utile. Ils sont revenus à de meilleurs sentiments et commencent, timidement encore, il est vrai, à lui accorder une petite place à côté du verre laminé.

Le verre armé, n'est autre chose que du verre ordinaire à l'intérieur duquel on a incorporé un treillis métallique dans le but de remédier à son manque d'élasticité. Le plus ancien procédé connu, ayant le même objet, est dû à M. de la Bastie qui, mettant à profit les études antérieures sur la trempe du verre, imagina le *verre trempé*, soi-disant incassable. La pratique industrielle ne permit pas d'utiliser ce produit ailleurs que dans la petite fabrication. Cependant les études furent reprises en France par M. Desmaisons et en Allemagne par M. Frédéric Siemens ; elles donnèrent lieu à la fabrication

du *verre durci* qui eut, du reste, aussi peu de succès que le précédent.

La question avait néanmoins séduit bien des chercheurs. Ils se basèrent non plus sur la trempe, mais sur la propriété que possède le verre de pouvoir se souder à certains métaux peu fusibles tels que l'or, le platine, le fer, le cuivre, le nickel. Là résidait la solution, car il devenait facile, étant donné le procédé de fabrication du laminage, d'incorporer dans la masse un treillis métallique.

Le laminage du verre ordinaire s'opère de la manière suivante : L'ouvrier ayant puisé du verre fondu à l'aide d'une cuiller en cuivre ou en fer, le porte sur une table en fonte à l'extrémité de laquelle se trouve un cylindre de même métal monté sur un chariot qui peut circuler sur toute la longueur de la table. La pâte est versée devant ce cylindre qui, aussitôt mis en mouvement, l'étale sur le plan. Le refroidissement est très rapide. On enlève alors la feuille de verre pour l'introduire dans un four de recuisson.

Pour obtenir le verre armé, il suffit donc de faire pénétrer le treillis métallique dans la feuille de verre pendant l'opération du laminage. La première idée de cette incorporation appartient

à Hyatt qui, en 1865, avait essayé d'introduire des fils de fer entre deux couches de verre.

On a donné au verre plan destiné au vitrage soit des toitures, soit des fenêtres, dans lequel a été introduit au moment de sa fabrication un réseau métallique, le nom de *verre armé*. On le désigne aussi quelquefois sous le nom de *verre treillagé*, de *verre grillagé*, de *verre métallifié* ou enfin de *verre à ossature métallique*.

Les propriétés que procure au verre cette incorporation sont la cohésion et la ténacité. De la première de ces propriétés ainsi acquises, il résulte que, si on vient à casser ou à couper une feuille de verre armé, les morceaux qui en résultent, contrairement à ce qui se passe avec une feuille de verre ordinaire, restent jointifs et adhèrent les uns aux autres et ce n'est qu'en coupant ou cisaillant isolément chacun des fils du réseau mis à nu à l'aide d'un outil approprié, ou en fatiguant par une série de mouvements d'exhaussement et d'abaissement alternatifs, qu'on parvient à les séparer ; cette opération exige-t-elle encore le plus souvent le concours d'une personne exercée.

Il en est de même si, par une action extérieure, telle qu'un choc, ou sous-pression trop énergique, la feuille de verre vient à se casser, les

morceaux qui se sont formés, quelque nombreux qu'ils soient, restent adhérents les uns aux autres, garantissant ainsi ce qui les entoure contre leur projection ou leur chute.

De la seconde de ces deux propriétés, la ténacité, d'une façon très analogue avec ce qui se passe pour le ciment armé, très analogue à ce produit, résulte une résistance à la flexion relativement élevée et que ne possède qu'à un très faible degré au contraire, le verre ordinaire, qui, de plus, a le grave défaut de casser et d'être anéanti sans que rien n'en ait fait soupçonner la ruine prochaine ; il n'en est pas de même du verre armé : une feuille de verre armé supportée à ses deux extrémités et chargée en son milieu commence par se fêler et se fendre en un nombre plus ou moins grand de morceaux, toujours jointifs et adhérents ; mais vient-on à continuer l'expérience en augmentant progressivement la charge, elle prend une flèche de plus en plus accentuée, mais ce n'est que sous une surcharge trois et quatre fois supérieure à celle sous laquelle une feuille de verre ordinaire eût disparu qu'elle se rompt définitivement, à son tour.

Cette propriété est précieuse et fort appréciable ; elle donne, en effet, une sécurité beaucoup plus grande en cas de surcharge acciden-

telle, comme cela se produit souvent dans un sinistre pour les verres de toitures et de planchers.

La résistance du verre armé, quand il vient à être chauffé est non moins remarquable : on sait que sous un écart de température de 70°, au minimum, produit brusquement, le verre peut se fêler ; il en est de même avec le verre armé ; mais, comme en cas de choc, les morceaux qui se sont formés restent en contact, sans qu'il se produise entre eux la solution de continuité et sans qu'aucune parcelle ne se détache ou ne se sépare de l'ensemble de la feuille.

Cette cohésion subsiste même si on vient à projeter de l'eau sur l'une de ses faces ; quelle que soit la violence avec laquelle cette eau est lancée et quelle que soit la température du verre, approchât-elle elle-même de celle où se produirait son ramollissement, la feuille de verre reste en place sans lacune et sans la moindre déformation. Une feuille de verre ordinaire, dans les mêmes circonstances, se fût le plus souvent effondrée, laissant béante et grande ouverte la baie qu'elle était chargée d'obturer.

Les avantages que présente l'emploi du verre armé en cas d'incendie sont donc d'une grande importance, par ce fait seul qu'il peut remplacer

en présentant une sécurité beaucoup plus grande, tous les matériaux, tels que la tôle de fer et même les tôles superposées avec interposition de bois cependant moins déformables que la tôle, employées ordinairement, et recommandées pour former les portes et les volets protecteurs destinés à empêcher la propagation de l'incendie dans les constructions.

Par suite de la présence du réseau, le verre armé se laisse traverser un peu moins facilement par la lumière ; mais en employant des procédés de fabrication appropriés qui permettent d'introduire des réseaux à mailles larges et à fils très tenus et très fins, on peut obtenir le verre armé encore assez transparent, et ne modifiant qu'insensiblement le passage de la lumière, tout en lui conservant une cohésion suffisante.

Le verre armé ne possède les utiles et remarquables propriétés qui viennent d'être énoncées, et il ne peut rendre les services qu'on est en droit d'en attendre, que moyennant qu'il remplisse, comme fabrication, certaines conditions dont les principales sont :

1° Que la soudure du réseau et du verre soit complète dans toutes ses parties.

2° Que cette soudure soit permanente, c'est-à-dire que, quelles que soient les variations de

température auxquelles pourra être soumise une feuille de ce verre, dans des limites déterminées, aucune fente ni éclatement ne se produise entre le métal et le verre.

3° Que le réseau soit placé d'une façon régulière et à égale distance, autant que possible, des deux faces de la feuille de verre, une fois fabriqué.

La soudure n'est parfaite que si la température est très élevée. Entre 1 100 et 1 200°, le métal étant légèrement attaqué, l'incorporation est complète. La haute température présente encore cet avantage de prévenir la décomposition du verre et d'éviter la cristallisation qui altère ses propriétés chimiques et physiques, en particulier, sa cohésion. Les verres alumineux doivent être employés de préférence, car l'alumine retarde et même empêche la cristallisation, en même temps qu'elle augmente le coefficient de dilatation du verre. Les expériences faites à ce sujet en Allemagne et aux États-Unis ont confirmé ces présomptions.

L'égalité entre les coefficients de dilatation du verre et de l'acier, relativement facile à obtenir, communique à l'ensemble la permanence de la soudure ; on l'obtient par l'adjonction d'une certaine quantité d'acide borique et d'oxyde de

zinc au verre et par celle du nickel à l'acier. On peut aussi faire usage de réseaux étamés.

La forme et la force des réseaux ont également fait l'objet de recherches ; on a reconnu que le treillis à mailles carrées était préférable à celui à mailles hexagonales. M. Siemens emploie du fil de $0^{mm},9$ de diamètre tassé en mailles de 1 centimètre de côté. La manufacture de Saint-Gobain varie les dimensions suivant les destinations ; elle fabrique des réseaux de 1 ou 2 centimètres de maille avec du fil de $0^{mm},6$: pour la glace polie, le réseau a 3 centimètres. En Angleterre et aux États-Unis, les mailles ont généralement 19 ou $25^{mm},4$, La glacerie de Charleroi utilise un réseau noué de 2 centimètres fait de fil de $0^{mm},6$.

Les procédés de fabrication sont extrêmement nombreux. Depuis dix ans, près de cent brevets ont été pris ; mais deux seulement se sont imposés. Ce sont ceux de MM. Shumann et Appert.

Le procédé Shumann consiste à introduire par enfoncement ou insertion, dans une couche de verre encore fluide et malléable préalablement laminée à l'épaisseur voulue, d'un réseau métallique convenablement préparé. Ce procédé fort ingénieux et très pratique fut breveté dans tous les pays et mis immédiatement en exploitation

aux États-Unis. Le reproche qu'on peut adresser à ce procédé est de ne pouvoir opérer la soudure qu'à une température un peu basse. On court ainsi le risque d'altérer le verre et de nuire à sa solidité en provoquant un commencement de cristallisation toujours à craindre avec les verres de glacerie.

Le procédé Appert repose sur l'interposition du réseau métallique entre deux couches de verre laminées simultanément. Auparavant, on tend convenablement le réseau métallique de façon à éviter les déformations. Le laminage doit ensuite s'effectuer dans un temps très court, (pour une feuille de verre de 3 mètres, la durée ne doit pas excéder une minute) ; et le réseau se place de lui-même à égale distance des deux surfaces de verre.

On verse d'abord sur la table métallique une certaine quantité de pâte qu'un des cylindres du chariot étend. Le réseau se déroule ensuite et vient se poser sur une première couche de verre pendant qu'au-dessus une nouvelle quantité de pâte est versée puis écrasée par un second cylindre. L'armature se trouve donc emprisonnée entre les deux feuilles de verre. Cette simultanéité présente le grand avantage de rendre l'opération aussi simple et aussi rapide que le

laminage d'une seule couche de verre ; de plus, le second dépôt de même liquide produit un réchauffement du premier et permet d'obtenir une soudure plus complète des éléments,

La résistance du verre armé a été soumise à un grand nombre d'essais. Ils consistent en l'application, sur une feuille d'une certaine épaisseur reposant par ses extrémités sur deux chevalets, d'un poids représenté par un parallélipipède de briques dont on augmente le nombre, C'est ainsi qu'un échantillon de $6^{mm},5$ d'épaisseur, de $1^{m},40$ de portée a résisté à un poids de 1 044 kilogrammes. Les épreuves au feu du verre armé ont donné les résultats les plus satisfaisants.

Quant à l'emploi qui doit être fait du verre armé, il est indiqué pour certaines applications spéciales, particulièrement dangereuses.

Partout où les parties vitrées sont de grande étendue et placées à une grande hauteur, partout où la fréquentation du public ou d'un personnel nombreux est un peu importante, le verre armé devra être substitué au verre laminé ordinaire. Il en est de même pour les planchers pour lesquelles les dalles et carreaux armés donnent une sécurité absolue en cas de surcharge accidentelle comme en cas de sinistre.

Le verre armé se polissant comme la glace

ordinaire et avec autant de facilité, il est très désirable de le voir employer pour les véhicules de quelque nature qu'ils soient, voitures, wagons pour chemins de fer et tramways, automobiles, etc., mettant ainsi le public à l'abri des conséquences, souvent graves, résultant de la projection de fragments de vitres et de glaces qui les garnissent.

Il peut encore être avantageusement employé dans les habitations, magasins et bureaux, dans les poudreries, les abris, les hublots et sur les navires de guerre.

CHAPITRE IV

MATÉRIAUX ARTIFICIELS ASSOCIÉS PAR AGGLOMÉRATION A L'AIDE D'UN LIANT NON MÉTALLIQUE

Les matériaux artificiels que l'on peut ranger dans cette catégorie sont extrêmement nombreux car les agglomérés sont de plus en plus employés et tous les jours il s'en crée de nouveaux.

Mortiers. — On appelle *mortiers* une composition destinée à unir les pierres ou les briques entre elles, et faire corps avec eux, et qui, employée à l'état de pâte molle, durcit en séchant.

La nature des mortiers varie avec les ressources locales et les édifices auxquels on les destine. On les fait généralement de terre, de plâtre, de chaux grasse, de chaux hydraulique, de ciment et de pouzzolane. Il existe encore certains mortiers spéciaux, tels que les *mortiers de mâchefer*, les *mortiers colorés* et l'*alabastrine*.

Le *mortier de terre* est le plus simple, le plus économique, mais le moins résistant. On emploie à cet usage la terre demi-argileuse ou la boue des routes qu'on délaye avec de l'eau. Ce mortier devient relativement assez dur par la seule dessiccation, mais il craint l'humidité. Il est employé pour hourder les constructions en briques crues et dans certaines constructions de peu d'importance. Dans la confection du *pisé*, il est mélangé avec de la paille ou tout autre liant.

Ayant déjà fait l'étude des mortiers de chaux, de ciment, de plâtre et de pouzzolane, il ne nous reste plus qu'à parler des mortiers spéciaux.

Dans les régions où le prix du sable est assez élevé, tant par sa rareté que par le coût du transport, les entrepreneurs le remplacent par du *mâchefer* pulvérisé. Mais, comme cette matière est très sèche, ils y ajoutent des déchets de briques, tuiles, démolitions, etc. Pour une brouette de ce mélange, ils additionnent un sac de chaux hydraulique et le tout passe au broyeur.

Cette fabrication nécessite tout un outillage : force motrice, transmissions ; broyeurs, bâche à eau, etc., et est du domaine des grandes entreprises.

Dans quelques usines, on se contente de

cribler le mâchefer et d'utiliser les poussières ainsi obtenues. On ajoute à ces poussières, soit de la chaux hydraulique, soit quelquefois du ciment.

Le *mortier coloré* n'est employé que depuis peu d'années. C'est un enduit qui, travaillé et moulé comme le plâtre, peut, si sa coloration est bien faite, représenter une pierre quelconque en présentant cet avantage que tous les ornements et sculptures peuvent être moulés ou taillés dans la pâte fraîche, ainsi que les profils qui se poussent au calibre comme dans le travail du plâtrier.

Le mortier coloré est un composé dans lequel le sulfate, le carbonate de calcium, les sables siliceux blancs et de couleur entrent dans de certaines proportions associés à des agents modificateurs, durcissants et colorants. Le but de sa fabrication est d'obtenir un produit homogène et constant ayant les qualités du plâtre, adhérence et facilité d'emploi, sans en avoir les défauts tels que gerçures, fendillements, manque de compacité, de résistance aux chocs, à l'humidité, etc. Toutes les colorations peuvent être obtenues.

Le mortier coloré est un produit aérien, il se comporte parfaitement sous l'influence des agents de l'atmosphère et sa qualité de résis-

tance est celle de la bonne pierre tendre. Il est ingélif et ne se fendille pas à la chaleur. N'ayant pas de retrait après la prise, il ne se crevasse pas, quelles que soient la charge de l'enduit et l'épaisseur de la moulure ; plus l'application est ancienne, plus sa force de cohésion et sa dureté augmentent. Étant coloré dans la masse, comme son nom l'indique, la coloration obtenue résiste aux intempéries sans s'affaiblir. Les tons pierre ne prennent pas non plus en vieillissant cette teinte jaune sale que donne le plâtre teinté.

Les mortiers colorés s'emploient à l'extérieur comme à l'intérieur et peuvent constituer des revêtements décoratifs ou tout simplement solides, sous forme d'enduits, moulures traînées au calibre, moulages, restaurations, raccords et jointoiements de la pierre tendre. Ébauchés en masse par le maçon, ils peuvent être sculptés comme la pierre. Quelques faux-joints d'appareil en mortier gris, blanc ou de couleur peuvent concourir très heureusement à l'ensemble, suivant les cas. Dans les vieux ravalements en plâtre, on peut exécuter les raccords et naissances en mortier grain fin et repeindre le tout. Par ce moyen, il n'y a pas à craindre dans la suite que des fissures se produisent aux points de réunion du vieil enduit en plâtre avec l'enduit neuf.

On peut appliquer les mortiers colorés sur tous les matériaux, briques, moëllons, pierre meulière, carreaux de plâtre, vieux enduits en plâtre après simple hachement, ciment armé, fer, bois, liège aggloméré, etc. ; à la condition de bien humecter les dits matériaux surtout si la température est élevée et s'ils sont très absorbants.

Pour le gâchage, il faut d'abord mettre l'eau dans l'auge et saupoudrer le mortier jusqu'à ce que l'eau soit complètement absorbée; malaxer à la truelle, laisser reposer deux ou trois minutes, puis appliquer au moyen de la taloche, dresser à la règle, à la bertelée côté dents, et enfin nettoyer et recouper pour achever avec la bertelée côté sans dents, au dernier moment de la prise. Le côté sans dents de la bertelée devra toujours être tenu bien tranchant afin d'obtenir ton et grain réguliers. De même, les moulures se traînent au calibre ; la tôle formant profil sera plus forte que pour le plâtre et taillée en biseau de façon à recouper, en traînant en sens inverse, le dernier coup de calibre. Les joints se tirent en creux et se garnissent en mortier de grain fin et de ton différent. Les dessous renformis ou saillies de moulures devront être constitués par le sous-enduit

ou à défaut par du mortier ton pierre dans lequel on ajoute moitié sable de rivière.

L'*alabastrine* ou *plâtre aluné d'albâtre*, n'est employé en France que par les stucateurs. A Londres, les ravalements en simili-pierre les mieux faits et les plus résistants sous ce climat froid et humide, se font en plâtre aluné d'albâtre mélangé de pierre pilée ou de sable fin.

L'alabastrine étant blutée à une finesse beaucoup plus grande que le plâtre de mouleur, présente par sa composition d'albâtre et d'alun une matière éminemment plastique, onctueuse au toucher, liante, et dans laquelle on peut incorporer jusqu'à trois parties de sable. La prise de l'alabastrine varie entre 3 et 6 heures. L'ouvrier a donc tout le temps de la bien employer. Il peut sans crainte la manier sans gants, la présence de l'alun ne peut que donner à ses mains plus de souplesse : l'alun affermissant l'épiderme qu'il tanne. L'alabastrine peut se mélanger avec les ciments de Portland ou de laitier, des pierres pulvérisées et teintées, des ocres. On peut ainsi obtenir les imitations de toutes sortes de pierres, depuis les plus blanches jusqu'aux plus foncées. Cette matière doit être gâchée avec de l'eau pure ; mais il faut en mettre le moins possible pour faire une pâte épaisse.

Bétons. — Nous avons déjà parlé des bétons de chaux et de ciment, nous indiquerons seulement ici le poids par mètre cube qui varie de 2 200 à 2 300 kilogrammes et la résistance de rupture à l'écrasement qui est de 40 à 50 kilogrammes par centimètre carré pour le béton ordinaire de chaux hydraulique, et de 50 à 140 kilogrammes pour le béton de ciment. En adoptant, comme on le fait pour les pierres, un coefficient de sécurité de $\frac{1}{10}$, on prendra comme charge de sécurité de 4 à 5 kilogrammes par centimètre carré pour le béton ordinaire et de 5 à 14 kilogrammes pour le béton de ciment.

Le béton aggloméré Coignet pèse 2 200 kilogrammes par mètre cube, et sa résistance de rupture à l'écrasement varie de 180 à 500 kilogrammes par centimètre carré.

On peut, dans le béton, remplacer le sable et le gravier par du mâchefer, du laitier concassé ; on obtient un bon *béton de mâchefer* en le composant de : trois parties de chaux hydraulique mesurée en pâte, deux parties de mâchefer et une partie de sable.

On peut encore supprimer le sable et composer le béton uniquement de mâchefer et de chaux ; comme le mâchefer agit à la manière de la

pouzzolane, il est même possible d'employer la chaux grasse. On ajoutera alors un peu de ciment au mélange pour accélérer la prise et le durcissement. Ce béton ne pèse pas plus de 950 à 1 000 kilogrammes par mètre cube, il présente une résistance à l'écrasement sensiblement égale à celle des briques ordinaires de pays et des moellons tendres. Son emploi est tout indiqué pour les maçonneries de remplissage; par exemple au-dessus des reins des voûtes de caves, ou pour la constitution de hourdis dans des constructions industrielles. On peut également s'en servir pour construire les murs d'habitations à bon marché, soit en le pilonnant entre des bauches en boisages, comme on le fait pour le pisé, soit en le moulant d'avance sous la forme de moellons de dimensions régulières que l'on hourde au mortier de chaux hydraulique ou mieux de ciment.

On fait encore, au moyen de chaux hydraulique et de rognures et déchets de liège, un *béton de liège* qui ne pèse que 500 kilogrammes par mètre cube et dont l'emploi est tout indiqué pour les hourdis de planchers, on le coule sur un cintrage comme le hourdis en plâtre et on lui donne une épaisseur de $0^m,10$ qui lui permet de supporter une charge considérable évaluée à

1 200 kilogrammes par mètre carré ; il ne pèse que 50 kilogrammes par mètre carré, tandis qu'un hourdis de même épaisseur en plâtre en pèse 215 ; enfin, il est très isolant, peu sonore et incombustible.

Le *béton de coaltar* est obtenu en agglutinant à chaud des pierrailles et du sable au moyen des résidus du goudron de houille ; on ne peut l'employer que dans les caves ou les endroits dont la température est constante et fraîche et pour des ouvrages peu importants.

Le béton peut être avantageusement employé pour obtenir des hourdis de planchers métalliques très chargés. M. Matrai a combiné un système spécial de suspension et de liaison de ces hourdis en béton aux solives du plancher à l'aide de fils métalliques en forme de chaînettes. Il lui a donné le nom de *fer-béton*.

Utilisation des laitiers de hauts-fourneaux. — Depuis quelques années, on utilise certains laitiers de hauts-fourneaux pour la fabrication d'un ciment à prise lente que l'on appelle *ciment de laitier*.

Le laitier est mélangé avec une certaine quantité de chaux grasse éteinte ou de chaux hydraulique. Mais pour que le ciment puisse acquérir une certaine résistance, il faut que le béton qui

a servi à sa préparation ait été refroidi brusquement à la sortie du haut-fourneau. Les laitiers refroidis lentement constituent des masses vitreuses et ne conviennent pas pour la fabrication du ciment. Pour refroidir brusquement le laitier, à la sortie du haut-fourneau, on le projette dans l'eau, il se réduit en petits grains et prend l'aspect de sable. Il prend alors le nom de *laitier granulé.*

Tous les laitiers ne sont pas convenables pour la fabrication du ciment. Les seuls acceptables sont basiques et répondent, d'après M. Prost, à la formule $2\,SiO^2, Al^2O^3, 2\,CaO$.

Avec le ciment de laitier, il n'y a pas à craindre les boursouflures faisant éclater la maçonnerie environnante, les éléments qui le composent n'étant pas susceptibles de se gonfler. Il est éminemment hydraulique, peut être immergé aussitôt après le gâchage, ne se dilate pas sous l'eau ; employé à forte dose dans les travaux aériens, il convient d'en maintenir la surface humide pendant quelques jours.

Sa prise commence trois heures après le gâchage et sa durée de prise est de quatre à six heures. Il a une très grande force adhésive aux divers matériaux. En vertu de son extrême ténuité, il remplit parfaitement les vides du sable,

ce qui rend son emploi recommandable pour les travaux étendus. Dans ce cas, un mélange à parties égales de sable de rivière et de ciment assure une imperméabilité absolue.

Le ciment de laitier ne paraît pas jusqu'à présent résister longtemps à l'action décomposable de l'eau de mer.

Les hauts-fourneaux cherchent actuellement à utiliser eux-mêmes leurs laitiers. C'est ainsi que l'usine de Pont-à-Mousson emploie ses laitiers à la fabrication de *briques de laitier*.

Une grande partie des laitiers sont reçus dans un courant d'eau froide à la sortie des hauts-fourneaux. Ce laitier granulé est conduit près de la briqueterie et jeté à la pelle dans une vis d'Archimède inclinée. On y ajoute un peu de chaux, tandis que de minces filets d'eau s'écoulent sur le mélange pendant son ascension. Le mélange ainsi humidifié vient tomber sur la piste d'un broyeur malaxeur à meules roulantes et couteaux et de là passe au distributeur, puis à la presse, d'où sort le produit fini. Les briques mises en tas, sèchent tout simplement à l'air, en attendant l'expédition. Il faut deux mois de parc environ pour un bon séchage.

Le produit obtenu par cette méthode si simple est de toute première qualité. Sa résistance à

l'écrasement est d'environ 200 kilogrammes par centimètre carré et la finesse de son grain, l'homogénéité de sa pâte, font qu'il se coupe bien sans éclat.

La brique de laitier, peu poreuse, n'est pas gélive, ce qui fait qu'elle convient parfaitement à tous les genres de constructions. Ses arêtes sont vives et ses faces bien planes, d'où économie de mortier, et murs très propres ne demandant à l'extérieur qu'un simple rejointement et à l'intérieur un enduit de plâtre sans crépi. La brique de laitier peut être également employée dans les travaux sous l'eau ou exposés à l'humidité.

MM. de Saintignon et Cie, propriétaires de hauts-fourneaux à Longwy, utilisent leurs laitiers pour faire des *pavés de laitier*. Les divers essais qui ont été faits ont montré tout le parti que l'on peut tirer de ces nouveaux pavés à la fois solides, élégants, imperméables, ingélifs et s'usant très difficilement.

Pierres artificielles. — L'art de bâtir en *pierres artificielles* ou *factices* remonte aux temps les plus reculés. Les Babyloniens, les Égyptiens, les Grecs et les Romains employaient fréquemment ces sortes de pierres dans leurs constructions.

Les anciens savaient préparer des matériaux

rivalisant de solidité avec les matériaux naturels et ils nous étaient supérieurs à bien des égards dans cet art, témoin les merveilles de l'Alhambra, qu'on crut longtemps composées de pierres naturelles d'excellente qualité, alors qu'elles n'étaient qu'essentiellement composées de plâtre.

La chaux éteinte, la chaux hydraulique, le ciment romain, le ciment Portland, le plâtre, la magnésie hydraulique, le chlorure de magnésium, le ciment de pouzzolane, le verre soluble, le goudron, l'asphalte, la colophane, la colle, l'huile de lin, la résine, etc. sont autant de matériaux agglomérants.

Les recettes pour la fabrication des pierres artificielles sont innombrables et les brevets dont elles font l'objet ne le sont pas moins.

Le premier qui songea à employer une méthode industrielle pour la fabrication de la pierre artificielle fut le docteur Zernikow qui se proposa de fabriquer un mortier de qualité parfaite, capable d'être ensuite mis en forme ou moule. L'ère des tâtonnements fut longue et ce n'est que dans ces derniers temps que cette fabrication s'est définitivement industrialisée.

La fabrication de la *brique sablo-calcaire* ou *silico-argilo-calcaire* repose sur le choix judicieux des matières premières et sur les méthodes

opératoires dans lesquelles les machines jouent un rôle important.

Les matières employées sont le sable, la chaux et l'argile, dans les proportions suivantes : 6 à 10 % de chaux en poids par rapport au sable et 30 à 100 % d'argile en poids par rapport à la chaux.

La fabrication comprend trois phases : 1° La préparation du mortier ; 2° la compression et le moulage du mortier en briques ; 3° le durcissement.

L'argile séchée, concassée et moulue est conduite dans un premier malaxeur, le sable et la chaux sont mis dans un silo dans lequel tombe de l'eau chaude sous pression en quantité déterminée. Ce mélange est envoyé dans un second silo où il séjourne quelque temps.

Après s'être reposé, le mélange tombe par une ouverture convenablement réglée dans un malaxeur à travail continu dans lequel il est de nouveau humecté et réchauffé par de l'eau chaude très divisée et mécaniquement dosée. En même temps, l'argile est ajoutée automatiquement à la masse dans la proportion voulue et le mortier, après avoir été brassé quelques minutes, passe dans la trémie de la presse. Les briques sont moulées puis transportées dans les étuves.

Pour opérer le durcissement, c'est-à-dire la réaction de la chaux sur le sable, et l'argile devant former un hydrosilicate de calcium qui donne au produit la dureté de la pierre, on admet dans l'étuve, une fois celle-ci remplie, de la vapeur d'eau saturée ou surchauffée sous une pression de 6 à 10 kilogrammes. L'opération ne dure que six heures environ, grâce à la présence de l'argile et des alcalis.

La brique sortant ensuite de l'étuve est terminée et prête à être employée. Son aspect n'a en rien été modifié, sa forme a conservé la régularité du moule et ses qualités techniques propres à tous les travaux de constructions hydrauliques, de parement ou de remplissage.

La nature des matières employées donne à la brique argilo-calcaire une teinte claire que la régularité de la forme rehausse encore. L'addition d'une petite fraction d'argile ne modifie pas cet aspect, qui place cette brique au premier rang des briques de parement. De plus, il est possible de lui donner pour ainsi dire toutes les couleurs désirables par l'adjonction, soit de matières colorantes naturelles, soit de produits tinctoriaux, de telle sorte que l'architecture possède avec cette brique le moyen le plus parfait et le plus

complet de satisfaire le goût moderne pour l'art polychrome, si gai et si décoratif à la fois.

En Allemagne, on fabrique des *pierres poreuses artificielles* se rapprochant de la ponce et de la lave. On les obtient par des mélanges de ponce en poudre, du lait de chaux et du ciment Portland ; elles sont légères et sont utilisées dans les étages supérieurs des hautes maisons.

Le ciment est l'agglomérant le plus employé dans la fabrication des pierres artificielles. On emploie le ciment Portland et les minéraux concassés finement ou pulvérisés, et le sable ; le mélange est mis en forme ou comprimé. Après un ou deux jours de séjour dans la forme, on en retire une masse qu'on abandonne ensuite au moins quatre semaines à l'action de l'atmosphère. On se sert de ce procédé pour fabriquer toutes sortes de pierres d'après des modèles déterminés.

Sous le nom de *xylolithe*, on fabrique une brique constituée par de la magnésie et des copeaux de bois, le tout étant gâché avec une solution de chlorure de magnésium. Cette brique sert au revêtement intérieur des habitations.

On fait aussi des mélanges de plâtre et de solutions gélatineuses auxquels on ajoute du mortier de chaux et de sable ; le tout est appliqué

sur des réseaux de fils de fer pour former des corps de maçonnerie armée. On obtient ainsi des stucs, des bétons au plâtre pouvant être employés à des usages très variés dans la construction.

Le mélange suivant fournit une imitation de marbre :

280 parties de minéraux finement concassés ;
140 〃 de pierre à chaux ou craie ;
5 〃 de calamine ;
3 〃 de feldspath ;
2 〃 de spath fluor ;
2 〃 de phosphate de calcium ;
40 〃 de silicate alcalin.

Hauenschild utilise à cet effet les déchets de pierre à chaux, de marbre et de dolomie, auxquels il ajoute 20 % de chaux éteinte en poudre ou en bouillie, et moule la masse obtenue par la pression ; le durcissement, qui commence superficiellement au contact de l'air est continué en vase clos à une température élevée et étendu à l'intérieur de la masse, grâce à une modification hydraulique de la chaux.

Comme colorants, on emploie : pour le noir, le charbon ou le graphite jusqu'à 12 % ; pour le brun, le bioxyde de manganèse : 8 % ; pour le rouge, le cinabre : 4 à 7 % ; pour l'orange, le

minium : 7 à 8 %; pour le vert, l'oxyde de chrome ; pour le bleu, le bleu de Neuwied, de Brême, de Cassel ou le bleu Napoléon : 6 à 8 % ; pour le blanc, le blanc de zinc jusqu'à 20 %. L'introduction de ces corps inertes diminue un peu la résistance des matériaux.

Dans le système Darroze, la pierre artificielle est fabriquée en mélangeant de la chaux, du ciment ou un oxyde terreux, des cendres et du sable dans les proportions suivantes :

Chaux hydraulique ou autre. . . .	20 %
Ciment ou oxyde terreux	20
Cendres	10
Sable	50

M. Heeren fabrique une pierre artificielle dont la composition est la suivante :

Chaux	10 à 15 %
Sable ou grès et calcaire . . .	60 75
Litharge	5
Huile siccative	5

Les objets broyés, tamisés, moulés, sont séchés à l'étuve dans laquelle on fait arriver un courant sans cesse renouvelé d'acide carbonique produit par un four à chaux. On ajoute souvent au mélange un peu de silicate d'aluminium.

Dans la *pierre de liège*, la matière première est formée par les débris de liège provenant du

travail du liège, soit pour la fabrication des bouchons, soit pour tout autre usage.

On commence par réduire la matière en grains de la grosseur d'un pois ou d'un haricot. La poudre grossière ainsi préparée est mêlée à une bouillie claire formée d'argile et de chaux aérienne délayées dans l'eau ; une fois le mélange achevé et les grains bien entourés d'agglutinant, on peut les mouler à la presse. La dessiccation qui suit le moulage s'opère entre 120 et 150°. Une brique ainsi faite est extraordinairement poreuse et légère. Le poids d'une brique n'est que de 600 grammes et son poids spécifique ne dépasse pas 0,3. La résistance à la pression est de $2^{kg},8$ par centimètre carré. La masse est très mauvaise conductrice de la chaleur, aussi ces produits constituent-ils un isolant calorifique excellent. Les facultés de se laisser facilement tailler et couper, de bien prendre le mortier, et son ininflammabilité relative sont autant de qualités précieuses à l'avantage de ce produit.

Mosaïque. — La mosaïque est une véritable tapisserie exécutée en pierre. Le point, de laine ou de soie, est remplacé par de petits cubes ou prismes réguliers, obtenus en cassant ou en taillant des matières dures telles que les pierres, le marbre, la terre cuite, le verre et l'émail. Ces

cubes de couleurs différentes sont juxtaposés de manière à former des dessins. Ils sont assemblés au moyen d'un mastic ou d'un ciment composé de chaux, de sable très fin, de pouzzolane ou de brique pilée. La mosaïque est également employée pour faire des revêtements de parois et même de plafond.

Dans la *mosaïque semée*, on jette et on étale sur un bain de mortier de petites pierres dures concassées de différentes couleurs. On dame légèrement pour avoir une surface nivelée et obliger chaque élément à présenter une face à l'horizontale ; puis, après une certaine prise, on coule un mortier destiné à boucher les vides. Quand tout est bien sec, on achève de dresser la surface avec un polissoir lourd et de la poudre de grès.

Stucs. — On donne le nom de *stuc* à une composition spéciale qui, au moyen de la peinture et du polissage, parvient à imiter parfaitement le marbre. Il y a à distinguer :

1° Le stuc à la chaux, mélange de chaux et de poudre de marbre ;

2° Le stuc au plâtre, mélange de plâtre et de colle forte.

Le premier est meilleur et plus résistant que le second, mais sa couleur est moins agréable à

l'œil. On l'emploie quand on craint l'humidité. Le second est destiné surtout à être placé dans l'intérieur à l'abri de l'humidité et des intempéries de l'air.

Quand on veut imiter des marbres diversement colorés, on a de petits vases renfermant de l'eau collée dans laquelle on détrempe une couleur particulière. On gâche ensuite, avec chacune de ces eaux, une petite quantité de plâtre dont on forme une galette. Toutes ces galettes sont placées les unes au-dessus des autres, à mesure qu'elles sont formées ; on coupe ensuite la pile par tranches qu'on applique aussitôt sur la surface que doit recouvrir l'enduit.

Staff. — Le *staff* est composé de craie fine, de plâtre à modeler très fin et d'étoupe, le tout consolidé par une armature en bois qui se trouve scellée dans la pâte. Le moule étant préparé, graissé pour éviter l'adhérence, on coule une légère couche de plâtre, puis on étale un lit d'étoupe que l'on appuie à la main tout en recouvrant à nouveau de plâtre et en mettant, là où il faut assurer la rigidité des baguettes de bois qui forment ossature, et qui, partout où besoin est, se croisillonnent et sont ligaturées par fils de fer.

On fait, en staff, de grandes moulures, des

solivages de plafonds, des profils de toutes sortes. Quoique très rigides, ces appliques sont extrêmement minces et, par conséquent, très légères.

Carton-pierre. — Cette composition est faite de pâte à papier, de colle forte, d'argile et de craie, matières auxquelles on ajoute souvent de l'huile de lin. Les ornements en *carton-pierre* sont fixés au moyen de clous galvanisés ; les raccords se font avec une pâte de même composition s'ils sont placés à l'intérieur ; et ils sont fixés, à l'extérieur, avec un mastic composé d'huile de lin, de blanc de céruse et de craie.

Les pâtes servant à faire les rosaces et ornements divers se moulent au pouce, le mouleur enfonce avec force la matière dans les creux et fait courir en tous sens un petit fil de fer qui relie toutes les parties délicates de ces ornements.

CHAPITRE V

—

MATÉRIAUX ARTIFICIELS ACCESSOIRES ET DIVERS

Nous comprenons, dans les matériaux artificiels accessoires, tous ceux qui servent à la conservation des autres matériaux naturels ou artificiels.

Silicatisation. — L'enduit vitreux ou *verre soluble* de Fuchs se compose de 10 parties de potasse frittée, 15 parties de quartz pulvérisé et 1 partie de charbon, fondues dans un creuset, puis coulées, refroidies, pulvérisées et mélangées alors avec 5 fois leur poids d'eau bouillante. Si l'on applique cette solution sur un corps, elle sèche rapidement à l'air en laissant un glacis vitreux, puis résiste à l'acide carbonique et à l'humidité.

Kuhlmann a employé le *silicate de potassium soluble* pour durcir les pierres. Le *silicate de*

sodium donne des efflorescences désagréables. La dissolution siliceuse est de 35 degrés. On l'étend d'une fois et demie son volume d'eau. La dissolution est absorbée par les pierres poreuses; on donne une nouvelle couche toutes les 24 heures jusqu'à ce que la pierre n'absorbe plus rien; les pores sont alors bouchés. Pour une pierre moyenne, il faut $1^{kg},500$ de dissolution siliceuse pour un mètre carré.

Les inconvénients des silicates sont : la persistance des sels solubles à l'intérieur de la pierre, qui finissent par la salpêtrer et servent d'engrais pour les mousses parasites, et la formation d'un vernis superficiel, qui emprisonnent l'eau et amènent la dégradation par la gelée. On y obvie en badigeonnant à l'*acide hydrofluosilicique*, qui forme avec les silicates des sels insolubles; mais ceux-ci finissent par se décomposer en présence du carbonate de calcium, et les produits de cette décomposition redeviennent solubles. Il n'y a donc pas durcissement.

Les *fluosilicates solubles*, dont les oxydes et les carbonates sont insolubles, ne présentent plus ces inconvénients. Quand on imprègne un calcaire tendre de *fluosilicate*, de *magnésie*, d'*alumine*, de *zinc* ou de *plomb*, il se produit un dégagement d'acide carbonique qui est rem-

placé par l'acide fluosilicique. Les oxydes ou les sels formés ou mis en liberté sont insolubles, ils remplissent tous les pores de la pierre qui devient dure. Il n'y a pas de vernis superficiel.

Flutuation. — La *flutuation* consiste à enduire la surface intéressée avec une pâte formée d'eau et de poussière qui provient de la pierre tendre et que l'on imprègne de fluosilicate. La pâte comme la pierre elle-même durcissent ; tous les pores de la surface sont bouchés, et l'on peut donner un poli comparable à celui de la pierre dure. Il faut procéder progressivement, en débutant par des liqueurs très étendues sur des surfaces bien sèches, afin d'empêcher que le dégagement trop vif de l'acide carbonique pendant la réaction, ne soulève et ne projette la poussière de la pierre à durcir. En employant des fluosilicates colorés, comme ceux de cuivre, de chrome, de fer, etc., la pierre se colore dans sa profondeur, par formation de composés insolubles. On peut ainsi obtenir, à peu de frais, des effets décoratifs comparables à ceux du marbre.

Le noir de fumée, le bleu de Prusse, ou tout autre couleur résistant aux acides peuvent être employés. On peut obtenir les bruns et jaune brun par les fluosilicates de fer et de manga-

nèse ; le bleu verdâtre, par les fluosilicates de cuivre ; le vert gris par les fluosilicates de chrome, le violet, par les fluosilicates de cuivre suivis d'une imprégnation de cyanure jaune ; le jaune, par les fluosilicates de zinc ou de plomb, suivis d'une imbibition de chromate de plomb et d'acide chromique ; les noirs, en passant d'abord au fluosilicate de plomb ou de cuivre puis en lavant avec du sulfhydrate d'ammonium.

Les fluosilicates les plus employés sont ceux de magnésium, de zinc et d'aluminium.

Quand les pierres de la surface d'une habitation sont devenues noires ou assez malpropres pour nécessiter un grattage, on commence par les frotter avec une brosse de chiendent ou en fil de fer, si c'est nécessaire, pour enlever le plus gros de la saleté. On passe ensuite, avec une brosse ordinaire, le *raval-fluate* à 10° et la pierre reprend sa teinte primitive.

On livre le raval-fluate à 40°. Pour l'obtenir à 10°, il suffit de l'étendre de trois fois son volume d'eau, de manière à former quatre litres avec un seul.

Parmi certains autres produits de conservation des matériaux, citons la *marmoréine*, la *pastorine*, etc.

Conservation des bois. — La conservation des bois a pour objet de réduire autant que possible les influences destructives et en augmenter la durée.

Exposés au contact des agents de l'atmosphère et aux alternatives de sécheresse et d'humidité, la fermentation de la sève et la vermiculure.

Les moyens préservatifs les plus propres à empêcher la destruction des bois sont les suivants :

1° La dessiccation naturelle à l'abri du soleil et de la pluie pendant deux ans en moyenne ;

2° Le flottage qui consiste en pays de montagne à profiter des cours d'eau pour transporter économiquement les produits des forêts des lieux de production aux lieux de consommation. L'eau de mer rend les bois très putrescibles ;

3° La dessiccation artificielle dans des étuves chauffées à l'air chaud à 40° pour le chêne, 30 à 40° pour les arbres à feuillage, 80 à 95° pour les conifères ;

4° La carbonisation consistant à brûler superficiellement le bois ;

5° Les injections sous pression de 8 à 10 atmosphères de sulfate de cuivre, de chlorure de zinc ou de créosote ;

6° Le bain de protochlorure de mercure ;

7° Les enduits de goudron, de couleurs, de vernis de compositions diverses, entre autres, le produit appelé *carbonyle*.

Pour rendre le *bois inflammable*, il existe beaucoup de procédés. Citons celui du docteur Winselmann, qui recommande de soumettre le bois pendant 6 à 8 heures à une lessive bouillante faite de 33 grammes de chlorure de manganèse, de 20 grammes d'acide orthophosphorique, de 12 grammes de carbonate de magnésium, de 10 grammes d'acide borique et de 25 grammes de chlorure d'ammonium par litre d'eau. Ce traitement a l'avantage non seulement d'empêcher la combustion du bois même à une température fort élevée ; mais encore de s'opposer à la putréfaction et à la vermiculure.

Enduits et mastics. — De nombreux *enduits* et *mastics* sont employés dans la construction, soit pour préserver les matériaux, soit pour les poser et les fixer.

Les instruments en acier, principalement ceux qui, par leur nature, sont exposés à rester longtemps en plein air, se rouillent facilement, même lorsqu'on y fait grande attention.

On peut obvier à cet inconvénient de la manière suivante : on fait dissoudre 20 grammes de camphre dans 125 grammes de saindoux, on

enlève l'écume qui se forme à la surface, on la mélange avec la quantité de graphite nécessaire pour obtenir la couleur du fer et on frotte avec ce mélange les instruments préalablement bien nettoyés. Au bout de 24 heures, on enlève cet enduit ou moyen d'un linge fin. Les instruments en acier ainsi traités, que l'on en fasse ou non usage, restent pendant des mois complètement à l'abri de la rouille.

Le *vernis Léon* est aussi un préservateur des métaux. Pour l'employer, il faut polir au préalable la partie à vernir, la faire chauffer sur un feu doux ou à la flamme du gaz jusqu'à ce qu'on ne puisse plus le tenir à la main, c'est le degré de chaleur nécessaire. On applique ensuite avec un pinceau doux le vernis par couche très légère ; lorsque le foncé de la teinte est obtenu au gré de l'opérateur, on donne une dernière chauffe, assez forte, cette fois, sans pourtant cuire le vernis.

Le *mastic Dhil* se compose de 92 grammes de poudre de fabrique de porcelaine ou de brique pilée et de 8 grammes d'oxyde de plomb. On fait le mélange avec de l'huile de lin. Il faut 25 litres d'huile pour un quintal de mastic. Ce mastic sert pour les rejointoiements dans les ouvrages en pierre. Il sert encore à enduire le fer,

le bois, le plâtre, etc. Il préserve les matériaux de l'action de l'air.

Le *mastic albumineux* comprend de la chaux en poudre et du blanc d'œuf. Il sert à recoller les pierres en marbre, en porcelaine et en faïence.

On obtient le *mastic des tailleurs de pierre* en faisant fondre ensemble une partie de cire une partie de soufre et deux parties de résine, auquel mélange on ajoute une portion plus ou moins forte de pierre pilée. Il sert à boucher les ébréchures et les défauts de la pierre.

Le *mastic gras* pour jointoiement de tuyaux en fonte, est formé de minium, de poudre de tuileaux, de sable fin et d'huile de lin bien mélangés.

Le *mastic de menuisier* est destiné à réparer les défauts que présente le bois travaillé, trous, gerçures, etc. Il est formé d'ocre, de céruse ou de blanc d'Espagne et d'huile de lin. On y mêle quelquefois aussi un peu de sable fin ou de poudre de tuileaux.

Le *mastic des vitriers* se compose de craie et d'huile de lin ou de céruse et d'huile de lin. Il a la composition suivante : 200 grammes d'huile de lin pour 1 kilogramme de blanc de céruse. On bat le mélange par morceaux de 2 à 3 kilogrammes.

Le *mastic pour le scellement du fer dans la pierre* est composé d'une partie de chaux hydraulique, 2 parties de poudre de tuileaux, et 0,5 partie de limaille de fer. Il est mis en pâte au moyen d'huile de lin.

Le *mastic Serbat* qui peut remplacer le *mastic au minium* ou le *mastic au blanc de céruse* se compose de 100 parties de chacune des substances suivantes : peroxyde de manganèse, oxyde de fer, oxyde de zinc et sulfate de plomb et de 36 parties d'huile de lin ou de toute autre huile siccative.

Pour mastiquer les vitres, les fentes de parquet, on peut faire usage du *mastic de gutta-percha* composé de gutta-percha mêlée avec de la résine, de la litharge et d'une matière dure et pulvérisable telle que du verre, du sable, de l'émeri, de la pierre ponce, etc.

Peintures. — La peinture en bâtiments est l'art de couvrir de diverses couleurs la surface du bois, du fer, de la maçonnerie, etc., dans le but de les conserver et d'obtenir des décorations agréables à la vue.

La *peinture à la chaux* est employée pour blanchir les parements extérieurs des murs. On ajoute au lait de chaux un peu d'alun et de térébenthine.

Le *badigeon* est employé pour peindre l'extérieur et s'applique sur enduits de chaux ou de plâtre. Il blanchit en séchant, il faut en donner trois couches légères.

Le *badigeon Bachelier* se compose de 23 parties de chaux récemment éteinte et tamisée, 7 de plâtre tamisé, 8 de céruse en poudre ; 9 de fromage mou bien égoutté ; après mélange et broyage, on ajoute de l'ocre jaune ou rouge.

La *peinture à la pomme de terre* est obtenue en écrasant 1 kilogramme de pommes de terre cuites à l'eau dans 8 litres d'eau et en y ajoutant 2 kilogrammes de blanc d'Espagne détrempé ou de matières colorantes.

La *peinture à la colle* ne doit pas être appliquée sur une surface non sèche, car elle se tacherait, on ne l'applique qu'à l'intérieur. La peinture à la colle sans vernis s'appelle *détrempe mate*. Cette peinture s'emploie pour plafonds, parois, etc., elle peut être agrémentée de filets, de semis faits au ponctif ou au pochoir, de décors au pinceau, etc. Les colles employées sont celles de peaux de lapin, dite *colle au baquet*, de *brochette*, de *parchemin*, etc.

La *peinture à l'huile* se prépare en broyant d'abord des matières colorantes, puis en coupant

à l'essence, de façon à rendre le mélange plus siccatif et plus fluide.

Les *huiles* les plus ordinairement en usage sont : 1° *l'huile de lin* ; 2° l'*huile d'œillette* ou de *pavot* ; l'*huile de noix*.

Les *siccatifs* les plus communément employés sont la *litharge* broyée comme la couleur elle-même et l'*essence de térébenthine*. Le commerce fournit deux espèces de litharge : la *litharge d'or* et la *litharge d'argent*. La première a une couleur jaune tirant sur le rouge, et se vend en pains. La seconde est d'un jaune pâle et se débite en paillettes. Elles sont aussi bonnes l'une que l'autre.

Les *couleurs* en pains ou en poudre dont se servent les peintres sont : le blanc de craie, le blanc de céruse, le blanc de zinc, le blanc d'argent, le noir de fumée. le noir animal, le noir d'ivoire, le noir de lampe, le noir d'acétylène, l'ocre jaune, le bistre, le brun Van Dyck, le jaune de chrome, le jaune de cadmium, le massicot, l'ocre rouge, le colcotar, le vermillon, le cinabre, le pourpre de Cassius, le minium, le bleu de Prusse, le bleu d'Anvers, l'outremer, le bleu d'émail, le vert de Scheele, le vert de Schwenfurt, le vert de vessie, le vert de chrome, le vert de titane, etc.

Vernis. — Les *vernis* s'emploient, de même que la peinture à l'huile, pour préserver certains objets du contact de l'atmosphère, et, en outre, pour donner aux couleurs un brillant qu'elles ne possèdent pas naturellement. Ce sont, en général, des liquides plus ou moins colorés, plus ou moins visqueux, résultant de la dissolution d'une *résine* ou d'une *gomme-résine* dans divers véhicules, dont la nature peut varier suivant la consistance qu'on veut donner à ces compositions et l'usage auquel on les destine. Après l'application, le véhicule s'évapore, et la résine reste étendue sur le corps en couche mince et transparente.

On fait usage, en peinture, de trois espèces de vernis ; les *vernis gras*, les *vernis à l'alcool* ou *à l'esprit de vin* et les *vernis à l'essence*.

Les vernis gras s'emploient pour les ouvrages exposés à l'air extérieur ou pour recouvrir des peintures d'une couleur sombre. Les meilleures résines à employer sont le *succin* et le *copal*. Le véhicule est l'huile de lin cuite. Dans la composition des vernis gras, on fait souvent entrer la *sandaraque*, la *térébenthine*, etc.

Les vernis à l'alcool sont les plus employés ; au contraire, on fait peu usage des vernis à

l'essence dans la peinture du bâtiment à cause de la forte odeur qu'ils répandent.

Les vernis doivent posséder les propriétés suivantes :

1° Après dessiccation, ils doivent rester brillants sans aspect gras ni terne ;

2° Ils doivent adhérer fortement à la surface des corps et ne pas s'écailler ;

3° Ils doivent conserver leurs qualités pendant de longues années sans se colorer ni perdre leur éclat.

4° Leur dessiccation doit être aussi rapide que possible, sans que la dureté de la pellicule résineuse en soit diminuée.

Tentures. — L'industrie du papier peint est d'origine chinoise. En Europe, on n'a guère commencé à employer le papier de tenture que vers la fin du XVIIe siècle. Auparavant on avait garni les parois de fresques, de toiles peintes, puis d'étoffes. Il en est encore ainsi. Jadis, les pauvres demeures avaient leurs murs nus et c'étaient seulement les habitations des classes riches qui étaient décorées, aujourd'hui les luxueuses demeures se décorent encore de belles *peintures*, de riches *tapis* ou de magnifiques *étoffes* et le papier peint ne nous apparaît que comme une vulgarisation du luxe. Les *papiers*

gauffrés imitent fort bien les *cuirs de Cordoue* et les *papiers veloutés* et *cylindrés* donnent bien l'illusion des plus belles étoffes et des plus luxueuses tapisseries.

Dans certaines contrées, l'usage de la tenture en papier n'est pas encore généralisé, et on emploie le pochoir avec lequel on obtient à la colle le même effet qu'avec du papier.

Le commerce présente de nos jours un choix considérable de papiers peints aux prix les plus variés.

Matériaux artificiels divers. — En dehors des papiers peints, le *papier* entre dans les constructions sous différents états. Non seulement avec de la pâte de papier on est parvenu à faire des tuiles, des statues, des canons, des roues de voiture, des parquets ; mais encore il est possible de faire de la véritable pierre artificielle. Le papier mâché peut aussi servir à faire des reliefs et des agréments qui trouvent leur place dans l'art de la construction. On cite en Amérique plusieurs maisons qui sont édifiées en papier comprimé.

Avec le *carton*, on fabrique des briques.

La maison Desfeux fabrique du *carton-cuir* pour toitures, à l'aide de matières nerveuses, solides et combinées avec un enduit chimique

très onctueux. Ce carton-cuir peut être placé sous la tuile et sous les planchers.

L'art des *cuirs repoussés, dorés, argentés, coloriés, vernis*, longtemps abandonné, a été repris, il y a quelques années, par un artiste de Bruxelles.

Le *noir animal* a été remplacé dans cette fabrication par le *papier parchemin* inventé par M. Louis Figuier et dont les premiers chimistes d'Allemagne et d'Angleterre se sont appliqués à faire ressortir les qualités extraordinaires de résistance et de durée.

Presque entièrement composé de corps gras et résineux, ils repoussent l'humidité et le salpêtre des murailles, ne moisissent et ne se déchirent pas comme les papiers peints appliqués à la colle de farine, qui fermente et moisit, papiers qu'il faut si souvent renouveler.

Malgré toutes ces qualités, le prix des tentures en cuir repoussé ne dépasse guère celui des papiers peints et, quelquefois, leur est inférieur.

Le *linoleum* est fabriqué avec de la poudre de liège et de l'huile de lin oxydée. Il se fait en teintes unies, couleur bois, marron et avec dessins variés. Les couleurs sont appliquées sur la pâte chaude et incrustées. Le linoleum s'emploie en applications sur les murs humides, comme

tentures, panneaux décoratifs, soubassements, pouvant rester avec sa simple nuance, et aussi se peindre aux raccords.

Il existe un liquide spécial qui, par un simple frottage, conserve à ce produit l'éclat du neuf, tout en lui laissant sa souplesse primitive.

On fait aussi des tentures, panneaux, lambris, corniches, frises bordures, moulures, panneaux pour meubles, pour portes, reliures, etc., avec la *lincrusta-Walton*.

Il existe encore une foule de matériaux artificiels employés quelquefois dans les aménagements intérieurs des habitations; tels sont : le *caoutchouc*, le *feutre*, le *foin comprimé*, l'*écaille artificielle*, etc., sur lesquels nous ne dirons rien de plus, considérant ces matériaux, d'un emploi peu courant, comme sortant de notre programme.

BIBLIOGRAPHIE

—

Léon Appert. — *Le verre armé.*

L. Appert et J. Henrivaux. — *Verre et verrerie.*

E. Barberot. — *Traité des constructions civiles.*

A. Barré. — *Petite encyclopédie pratique du bâtiment.*

Boero. — *Chaux et ciments.*

Bonneville, Jaunez, Paul et Salvetat. — *La fabrication des briques et tuiles.*

E. Bourry. — *Traité des industries céramiques.*

Candlot. — *Ciments et chaux hydrauliques.*

Th. Deck. — *La faïence.*

Durand-Claye, Derome et Féret. — *Chimie appliquée à l'art de l'ingénieur.*

Gages. — *Élaboration des métaux.* Encyclopédie des Aide-mémoire de M. Léauté.

— *Les Alliages métalliques.* Encyclopédie des Aide-mémoire de M. Léauté.

Gerspach. — *L'art de la verrerie.*

— *La mosaïque.*

H. de Graffigny. — *Les agglomérés.*

— *La pierre artificielle*, année 1901.

Hallopeau et Lascombe. — *Les matériaux de construction et leur emploi à l'Exposition universelle de 1889.*

Jules Henrivaux. — *La verrerie à l'Exposition de 1900.*

— *La verrerie au XXe siècle.*

A. Lascombe. — *Les matériaux de construction et leur emploi.*

Leduc. — *Le Ciment armé.*

Emile Lejeune. — *Guide du briquetier : briques, tuiles, carreaux, tuyaux.*

— *Guide du chaufournier et du plâtrier.*

Léon Malo. — *L'asphalte.*

O. Merson. — *Les vitraux.*

M.-A. Morel. — *Le ciment armé et ses applications.* Eucyclopédie des Aide-mémoire de M. Léauté.

— *Note sur les nouveaux procédés de fabrication du ciment Portland.*

Philippe Narcy. — *Les bitumes.*

G. Oslet — *Matériaux de construction.*

L. Ottin. — *Le vitrail.*

Rivot. — *Considérations générales sur les matériaux employés dans les constructions.*

Vot. — *La porcelaine.*

La Tribune du Bâtiment. Journal pratique d'informations et de vulgarisation des nouveaux procédés et matériaux de construction. Organe mensuel publié à Lyon. Administrateur G. Le Noir.

Verein der Kalksandsteinfabriken. Protokoll der 1. Hauptversammlung.

Verein der Kalksandsteinfabriken. Protokoll der 2. Hauptversammlung.

Baumaterialienkunde. Professor H. Giessler in Stuttgart.

TABLE DES MATIÈRES

—

SAINT-AMAND, CHER. — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6e).

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ DE MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par Paul APPELL,

Membre de l'Institut.

TOME I. — *Statique. Dynamique du point*, avec 178 figures ; 2e édition entièrement refondue : 1902 .... **18** fr.

TOME II. — *Dynamique des systèmes. Mécanique analytique*, avec figures. 2e édition ; 1903 .... (*Sous presse.*)

TOME III. — *Equilibre et mouvement des milieux continus*, avec 70 figures ; 1903 .... **17** fr.

LEÇONS
DE
MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE

A L'USAGE DES ÉLÈVES DES CLASSES DE PREMIÈRE

(LATIN-SCIENCES OU SCIENCES-LANGUES VIVANTES)

Conformément aux programmes du 31 mai 1902.

PAR

P. APPELL,
Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences.

J. CHAPPUIS,
Docteur ès Sciences,
Professeur à l'École Centrale.

Volume in-18 jésus avec figures ; 1902 .... **2** fr. **75** c.

COURS DE MÉCANIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS

A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES,

Par P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Centrale,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Un volume in-8 de 272 pages, avec 143 figures ; 1902.. **7** fr. **50** c.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
annexé à l'Université de Liége,

Par Eric GERARD,
Directeur de cet Institut.

6e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques;* avec 388 figures; 1900 .... **12 fr.**

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle;* avec 387 figures; 1900 .... **12 fr.**

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par Eric GERARD.

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de VI-136 pages, avec 92 figures; 1900 .... **3 fr. 50 c.**

MESURES ÉLECTRIQUES,

Par Eric GERARD.

2e édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... **12 fr.**

LE FROMENT ET SA MOUTURE

TRAITÉ DE MEUNERIE D'APRÈS UN MANUSCRIT INACHEVÉ

De Aimé GIRARD,

Membre de l'Institut,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut national agronomique,

Par L. LINDET,

Docteur ès Sciences, Professeur à l'Institut national agronomique.

Un beau volume grand in-8, avec 85 figures et 3 planches; 1903..... **12 fr.**

COURS D'ANALYSE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Par G. HUMBERT,

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique.

TOME I : *Calcul différentiel. Principes du calcul intégral. Applications géométriques.* Avec 111 figures; 1903. .... **16 fr.**
TOME II.. (*Sous presse.*)

COURS D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

Par Ch.-J. de la VALLÉE-POUSSIN,

Professeur à l'Université de Louvain.

Un volume grand in-8 de XIV-372 pages; 1903............... **12 fr.**

LEÇONS

SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par Émile BOREL,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Exposé de la théorie des ensembles et applications; 1898............ **3 fr. 50 c.**
Leçons sur les fonctions entières; 1900.............................. **3 fr. 50 c.**
Leçons sur les séries divergentes; 1901.............................. **4 fr. 50 c.**
Leçons sur les séries à termes positifs; 1902........................ **3 fr. 50 c.**
Leçons sur les fonctions méromorphes; 1903.......................... **3 fr. 50 c.**
Leçons sur les séries de polynomes.................................. (*Sous presse.*)

COURS D'ANALYSE MATHÉMATIQUE

Par E. GOURSAT,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TOME I : *Dérivées et différentielles. Intégrales définies. Développements en séries. Applications géométriques.* Grand in-8; 1902.............. **20 fr.**
TOME II.. (*Sous presse.*)

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

CONFORME AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE (E. I.)

Par ALHEILIG et C. ROCHE, Ingénieurs de la Marine.

Tome I (412 fig.); 1895 ..... **20** fr. | Tome II (281 fig.); 1895...... **18** fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME, Ingr principal à la Compagnie du Midi. | **A. PULIN,** Ingr Inspr pal aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, XXII-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). **15** fr.

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

PAR

E. DEHARME. | **A. PULIN.**

Un volume grand in-8 de VI-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). **15** fr.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL
TRAMWAYS

Par Pierre GUÉDON, Ingénieur.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1901 ..... **11** fr.

LA BETTERAVE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

Par L. GESCHWIND et E. SELLIER, Chimistes.

Grand in-8 de IV-668 pages avec 130 figures; 1902 (E. I.)............ **20** fr.

MÉTALLURGIE GÉNÉRALE

PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE

Par U. LE VERRIER,

Ingénieur en chef des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Grand in-8, de 367 pages, avec 171 figures; 1902 (E. I.) .... **12** fr.

VERRE ET VERRERIE

Par Léon APPERT et Jules HENRIVAUX, Ingénieurs.

Grand in-8 avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.)..... **20** fr.

BLANCHIMENT ET APPRÊTS

TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,
Directeur des teintures aux Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais,

F. DOMMER,
Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris,

E. GRANDMOUGIN,
Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

GR. IN-8, AVEC 368 FIG., ET ÉCH. DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E.I.). **30** FR.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Par Aug. FÖPPL, Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR E. HAHN, Ing. de l'École Polytechnique de Zurich.

GRAND IN-8, DE 489 PAGES, AVEC 74 FIG. : 1901 (E. I.)... **15** FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par A. CRONEAU,

Professeur à l'Ecole d'application du Génie maritime.

TOME I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4°; 1894.................. **18** fr.

TOME II : avec 359 fig.; 1894.. 15 fr.

ASSOCIATIONS OUVRIÈRES ET PATRONALES

Par P. **HUBERT-VALLEROUX**, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)............... **10 FR.**

FOURS A GAZ A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE

Par F. **TOLDT**, Ingén. Traduit par F. **DOMMER**, Ingén. des Arts et Manuf[res].

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). **11 fr.**

ANALYSE INFINITÉSIMALE

A L'USAGE DES INGÉNIEURS (E.T.P.)

Par E. **ROUCHÉ** et L. **LÉVY**,

TOME I : *Calcul différentiel.* VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900........ **15 fr.**
TOME II : *Calcul intégral.* 829 pages, avec 50 figures; 1903.............. **15 fr.**

COURS D'ÉCONOMIE POLITIQUE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES (E.T.P.),

Par C. **COLSON**, Conseiller d'État.

TOME I : *Exposé général des Phénomènes économiques. Le travail et les questions ouvrières.* Volume de 600 pages; 1901........................ **10 fr.**

TOMES II et III.. (*Sous presse.*)

LA TANNERIE

Par L. **MEUNIER** et C. **VANEY**,
Professeurs à l'École française de Tannerie

et publié sous la direction de **LÉO VIGNON**,
Directeur de l'École française de Tannerie.

GRAND IN-8 DE 650 PAGES AVEC 98 FIGURES; 1903 (E. I.). **20 FR.**

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... **48** fr.
Chaque volume se vend séparément **14** *fr.*

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1er *Supplément* (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. **14** fr.
2e *Supplément* (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig; 1897. **14** fr.
3e *Supplement* (C). Un beau vol. gr. in-8 de 400 pages; 1903.......... **14** fr.

Les 7 volumes se vendent ensemble........................ **84** fr.

LA PHOTOGRAPHIE SOUTERRAINE

Par E. MARTEL.

In-18 jésus avec 16 planches; 1903.............................. **2** fr. **50** c.

COMMENT ON OBTIENT UN CLICHÉ PHOTOGRAPHIQUE,

Par Marcel MOLINIÉ.

Petit in-8 de 188 pages.. **2** fr.

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

3e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899.................................. **2** fr. **75** c.

TRAITÉ PRATIQUE DES TIRAGES PHOTOGRAPHIQUES,

Par Ch. SOLLET.

Volume in-16 raisin de VI-240 pages; 1902............................ **4** fr.

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE.

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. **16** fr.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de XIV-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900..... **6** fr. **50** c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOCHROMIE

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus avec 95 figures et 14 planches; 1903.................. **7** fr. **50** c.

33570. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY
Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS
Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE

8 *vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte.* . . . . **150** *fr.*

TOME I. — 1 *vol. grand in-8° de* 912 *pages avec* 218 *figures* **18** *fr.*

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.
QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 *vol. grand in-8° de* 996 *pages avec* 361 *figures* **18** *fr.*

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.
QUÉNU. — Maladies des veines.
RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

TOME III. — 1 *vol. grand in-8° de* 940 *pages avec* 285 *figures* **18** *fr.*

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.
LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.
GERARD MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 *vol. grand in-8° de* 896 *pages avec* 354 *figures* **18** *fr.*

DELENS. — L'œil et ses annexes.
GERARD MARCHANT. — Nez, fosses nasales, pharynx nasal et sinus.
HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 *vol. grand in-8° de* 948 *pages avec* 187 *figures* **20** *fr.*

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.
HARTMANN. — Plancher buccal, glandes salivaires, œsophage et pharynx.
WALTHER. — Maladies du cou.
PEYROT. — Poitrine.
PIERRE DELBET. — Mamelle.

TOME VI. — 1 *vol. grand in-8° de* 1127 *pages avec* 218 *figures* **20** *fr.*

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.
BERGER. — Hernies.
JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.
HARTMANN. — Estomac.
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.
HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.
QUENU. — Mésentère. Rate. Pancréas.
SEGOND. — Foie.

TOME VII. — 1 *fort vol. gr. in-8° de* 1272 *pages,* 297 *fig. dans le texte* **25** *fr.*

WALTHER. — Bassin.
FORGUE. — Urètre et prostate.
RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.
RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.
TUFFIER. — Rein. Vessie. Uretères. Capsules surrénales.

TOME VIII. 1 *fort vol. gr. in-8° de* 971 *pages,* 163 *fig. dans le texte* **20** fr.

MICHAUX. — Vulve et vagin.
PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.
SEGOND. — Annexes de l'utérus, ovaires, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien.
KIRMISSON. — Maladies des membres.

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLET, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, ŒTTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, TOLLEMER, FERNAND WIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD
Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD
Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 vol. gr. in-8°, av. fig. dans le texte. *En souscription.* **150 fr.**

TOME Ier

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. **16 fr.**

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'Ecole de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse,** par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition,** par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux,** par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. **16 fr.**

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses,** par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique,** par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives,** par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle,** par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphtérie,** par A. RUAULT. — **Rhumatisme,** par ŒTTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut,** par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. **16 fr.**

Maladies cutanées, par G. THIBIERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes,** par G. THIBIERGE. — **Maladies du sang,** par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications,** par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. **16 fr.**

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac,** par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas,** par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin,** par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine,** par COURTOIS-SUFFIT.

TOME V

1 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en coul. dans le texte. **18 fr.**

Maladies du foie et des voies biliaires, par A. CHAUFFARD, professeur agrégé, médecin des hôpitaux. — **Maladies du rein et des capsules surrénales,** par A. BRAULT, médecin des hôpitaux. — **Pathologie des organes hématopoiétiques et des glandes vasculaires sanguines,** par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. **14** fr.

Maladies du nez et du larynx, par A. Ruault. — **Asthme,** par E. Brissaud, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. — **Coqueluche,** par P. Le Gendre, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches,** par A.-B. Marfan, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire,** par A.-B. Marfan. — **Maladies aiguës du poumon,** par Netter, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

TOME VII

1 vol. grand in-8° de 550 pages avec figures dans le texte. **14** fr.

Maladies chroniques du poumon, par A.-B Marfan, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phtisie pulmonaire,** par A.-B. Marfan. — **Maladies de la plèvre,** par Netter, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin,** par A.-B. Marfan.

TOME VIII

1 vol. grand in-8° de 580 pages avec figures dans le texte. **14** fr.

Maladies du cœur, par André Petit, médecin des hôpitaux. — **Maladies des vaisseaux sanguins,** par W. Œttinger, médecin des hôpitaux.

Sous presse : **TOMES IX et X. — Maladies du Système nerveux.**

Traité de Physiologie

PAR

J.-P. MORAT
Professeur à l'Université de Lyon.

Maurice DOYON
Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en couleurs. En souscription. **55 fr.**

I. — **Fonctions d'innervation,** par J.-P. Morat. 1 vol. gr. in-8°, avec 263 figures noires et en couleurs . . . . **15 fr.**

II. — **Fonctions de nutrition :** Circulation, par M. Doyon; Calorification, par P. Morat. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. **12 fr.**

III. — **Fonctions de nutrition** (*suite et fin*) : Respiration, excrétion, par J.-P. Morat; Digestion, Absorption, par M. Doyon. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. . . . . **12 fr.**

COLLECTION DE PLANCHES MURALES

DESTINÉES A

L'Enseignement de la Bactériologie

PUBLIÉES PAR

L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS

65 planches du format 80 × 62 c/m, tirées en couleurs sur papier toile très fort, munies d'œillets permettant de les suspendre et réunies dans un carton, avec un *texte explicatif rédigé en français, allemand et anglais.*

Prix : 250 francs (port en sus). (*Les planches ne sont pas vendues séparément.*)

Traité de Pathologie générale

Publié par **Ch. BOUCHARD**

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **G.-H. ROGER**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

COLLABORATEURS :

MM. ARNOZAN, D'ARSONVAL, BENNI, F. BEZANÇON, R. BLANCHARD, BOINET, BOULAY, BOURCY, BRUN, CADIOT, CHABRIÉ, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, J. COURMONT, DEJERINE, PIERRE DELBET, DEVIC, DUCAMP, MATHIAS DUVAL, FÉRÉ, GAUCHER, GILBERT, GLEY, GOUGET, GUIGNARD, LOUIS GUINON, J.-F. GUYON, HALLÉ, HÉNOCQUE, HUGOUNENQ, LAMBLING, LANDOUZY, LAVERAN, LEBRETON, LE GENDRE, LEJARS, LE NOIR, LERMOYEZ, LESNÉ, LETULLE, LUBET-BARBON, MARFAN, MAYOR, MENETRIER, MORAX, NETTER, PIERRET, RAVAUT, G.-H. ROGER, GABRIEL ROUX, RUFFER, SICARD, RAYMOND TRIPIER, VUILLEMIN, FERNAND WIDAL.

6 volumes grand in-8° avec figures dans le texte. . . . . **126 fr.**

TOME I

1 *vol. grand in-*8° *de* 1018 *pages avec figures dans le texte :* **18** *fr.*

Introduction à l'étude de la pathologie générale. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux. — Considérations générales sur les maladies des végétaux. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie. — L'hérédité et la pathologie générale. — Prédisposition et immunité. — La fatigue et le surmenage. — Les Agents mécaniques. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante. — Les Agents chimiques : les caustiques. — Les intoxications.

TOME II

1 *vol. grand in-*8° *de* 940 *pages avec figures dans le texte :* **18** *fr.*

L'infection. — Notions générales de morphologie bactériologique. — Notions de chimie bactériologique. — Les microbes pathogènes. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses. — Des maladies épidémiques. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes. — Les parasites.

TOME III

1 *vol. in-*8° *de* 1400 *pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules :* **28** *fr.*

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal. — Les troubles préalables de la nutrition. — Les réactions nerveuses. — Les processus pathogéniques de deuxième ordre.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques. — De la fièvre. — L'hypothermie. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires. — Les désordres de la circulation dans les maladies. — Thrombose et embolie. — De l'inflammation. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires. — Les altérations anatomiques non inflammatoires. — Les tumeurs.

TOME IV

1 *vol. in-*8° *de* 719 *pages avec figures dans le texte :* **16** *fr.*

Evolution des maladies. — Sémiologie du sang. — Spectroscopie du sang. Sémiologie. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal. — Sémiologie du larynx. — Sémiologie des voies respiratoires. — Sémiologie générale du tube digestif.

TOME V

1 *fort vol. in-*8° de 1180 *pages avec nombr. figures dans le texte :* **28** *fr.*

Sémiologie du foie. — Pancréas. — Analyse chimique des urines. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique). — Le rein, l'urine et l'organisme. — Sémiologie des organes génitaux. — Sémiologie du système nerveux.

Traité de Technique opératoire

PAR

CH. MONOD
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôpital Saint-Antoine
Membre de l'Académie de médecine

J. VANVERTS
Ancien interne lauréat des Hôpitaux de Paris
Chef de clinique à la Faculté de médecine de Lille

2 vol. gr. in-8° formant ensemble 1960 pages, avec 1908 figures dans le texte . . . . **40** fr.

Les Difformités acquises de l'Appareil locomoteur

PENDANT L'ENFANCE ET L'ADOLESCENCE

Par le Dr **E. KIRMISSON**
Professeur de Clinique chirurgicale infantile à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'hôpital Trousseau

1 vol. in-8° avec 430 figures dans le texte. . . **15** fr.

Ce volume fait suite au **Traité des Maladies chirurgicales d'origine congénitale** (312 figures et 2 planches en couleurs). *Publié en* 1898 . . **15** fr.
Ces deux ouvrages constituent un véritable traité de Chirurgie orthopédique.

Traité d'Hygiène

Par **A. PROUST**
Professeur d'Hygiène à la Faculté de Paris, Membre de l'Académie de médecine
Inspecteur général des Services sanitaires.

Troisième édition revue et considérablement augmentée

AVEC LA COLLABORATION DE

A. NETTER et **H. BOURGES**

Agrégé
Médecin de l'hôpital Trousseau

Chef du laboratoire d'hygiène à la Faculté de médecine

Ouvrage couronné par l'Institut et la Faculté de médecine

1 vol. in-8°, avec fig. et cartes pub. en 2 fasc. En souscription.. **18** fr.

Traité de Chirurgie d'urgence

Par **Félix LEJARS**
Professeur agrégé, Chirurgien de l'hôpital Tenon.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8° de 1005 pages, avec 751 fig. dont 351 dessinées d'après nature, par le Dr Daleine, et 172 photogr. origin. Relié toile. **25** fr.

Manuel de Pathologie externe, par MM. **RECLUS, KIRMISSON, PEYROT, BOUILLY**, professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. 7e **Édition entièrement revue, illustrée.** 4 volumes in-8° . . . . **40 fr.**

Chaque volume est vendu séparément. . . . . **10 fr.**

Les Maladies infectieuses, par **G.-H. ROGER**, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers. 1 vol. in-8° de 1520 pages publié en 2 fascicules avec figures . . . . . **28 fr.**

Précis d'Histologie, par **Mathias DUVAL**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition, revue et augmentée*, illustrée de 427 figures dans le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages . . . . **18 fr.**

Les Maladies du Cuir chevelu. — I. Maladies séborrhéiques : **Séborrhée, Acnés, Calvitie**, par le Dr **R. SABOURAUD**, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-Louis, membre de la Société de Dermatologie. 1 volume in-8°, avec 91 figures dans le texte dont 40 aquarelles en couleurs . . **10 fr.**

Les Tics et leur Traitement, par **Henry MEIGE** et **E. FEINDEL**. Préface de M. le Professeur **BRISSAUD**. 1 vol. in-8° de 640 pages . . . . **6 fr.**

Les Maladies microbiennes des Animaux, par **Ed. NOCARD**, professeur à l'Ecole d'Alfort, membre de l'Académie de médecine, et **E. LECLAINCHE**, professeur à l'Ecole vétérinaire de Toulouse. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences (Prix Monthyon 1898). *Troisième édition, entièrement refondue et considérablement augmenté.* 2 volumes grand in-8°, formant ensemble 1312 pages . . . . **22 fr.**

Syphilis et Déontologie : **secret médical ; responsabilité civile ; énoncé du diagnostic ; jeunes gens syphilitiques ; la syphilis avant et pendant le mariage ; divorce ; nourrissons syphilitiques ; nourrices syphilitiques ; domestiques et ouvriers syphilitiques ; syphilitiques dans les hôpitaux ; transmission de la syphilis par les instruments ; médecins syphilitiques ; sages-femmes et syphilis**, par **GEORGES THIBIERGE**, médecin de l'hôpital Broca. 1 vol. in-8° . . . . **5 fr.**

Bibliothèque Diamant

des Sciences médicales et biologiques

Cette collection est publiée dans le format in-16 raisin, avec nombreuses figures dans le texte, cartonnage à l'anglaise, tranches rouges.

Éléments de Physiologie, par Maurice **ARTHUS**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille. 1 vol., avec figures . **8** fr.

Éléments de Chimie physiologique, par Maurice **ARTHUS**, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse). *Quatrième édition revue et corrigée.* 1 volume, avec figures . . . . **5** fr.

Précis d'Anatomie pathologique, par M. **L. BARD**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. *Deuxième édition revue et augmentée.* 1 volume, avec 125 figures . . . . **7** fr. **50**

Manuel de Thérapeutique, par le Dr **BERLIOZ**, professeur à l'Université de Grenoble, avec préface du Professeur **BOUCHARD**. *Quatrième édition revue et augmentée.* 1 vol. . **6** fr.

Manuel de Bactériologie médicale, par le Dr **BERLIOZ**, avec préface de M. le professeur **LANDOUZY**. 1 vol. avec fig. **6** fr.

Manuel de Pathologie interne, par **G. DIEULAFOY**, professeur à la Faculté de médecine de Paris. *Treizième édition entièrement refondue et augmentée.* 4 vol. avec fig. en n. et en coul. **28** fr.

Manuel d'Anatomie microscopique et d'Histologie, par M. **P.-E. LAUNOIS**, professeur agrégé à la Faculté de médecine. Préface de M. le Professeur **Mathias DUVAL**. *Deuxième édition entièrement refondue.* 1 volume avec 261 figures . . . . **8** fr.

Précis élémentaire d'Anatomie, de Physiologie et de Pathologie, par **P. RUDAUX**, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, avec préface, par M. **RIBEMONT-DESSAIGNES**, professeur agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol., avec 462 figures . . . . **8** fr.

Manuel de Diagnostic médical et d'Exploration clinique, par **P. SPILLMANN**, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, et **P. HAUSHALTER**, professeur agrégé. *Quatrième édition entièrement refondue.* 1 vol. avec 89 figures. . . . . **6** fr.

Précis de Microbie. *Technique et microbes pathogènes*, par M. le Dr **L.-H. THOINOT**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, et **E.-J. MASSELIN**, médecin-vétérinaire. Ouvrage couronné par la Faculté de médecine. *Quatrième édition entièrement refondue.* 1 volume, avec figures en noir et en couleurs. . . **8** fr.

Précis de Bactériologie clinique, par le Dr **R. WURTZ**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. *Deuxième édition revue et augmentée.* 1 volume, avec tableaux et figures. **6** fr.

Traité
DE
Chimie industrielle

Par **R. WAGNER** et **F. FISCHER**

QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFONDUE
Rédigée d'après la quinzième édition allemande
par le Dr **L. GAUTIER**

2 vol. grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte
En souscription. . . . . **30 fr.**
A l'apparition du Tome II, le prix de l'ouvrage sera porté à **35** francs.

Le Constructeur, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par **F. Reuleaux**. *Troisième édition française*, par **A. Debize,** ingénieur des manufactures de l'Etat. 1 volume in-8° avec 184 figures. . . . . **30 fr.**

Traité d'analyse chimique qualitative, par **R. Frésenius.** Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Dixième édition française* d'après la 16e édition allemande, par **L. Gautier.** 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique . . . . . . **7 fr.**

Traité d'analyse chimique quantitative, par **R. Frésenius.** Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs titrées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométrie, etc. *Septième édition française*, traduite sur la 6e édition allemande, par **L. Gautier.** 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . **16 fr.**

Traité d'Analyse chimique quantitative par Electrolyse, par **J. RIBAN,** professeur chargé du cours d'Analyse chimique et maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 96 figures dans le texte. . . . . **9 fr.**

Manuel pratique de l'Analyse des Alcools et des Spiritueux, par **Charles GIRARD,** directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, et **Lucien CUNIASSE,** chimiste-expert de la Ville de Paris. 1 vol. in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. . . . . **7 fr.**

Chimie Végétale et Agricole (*Station de Chimie végétale de Meudon, 1883-1889*), par **M. BERTHELOT,** sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Collège de France. 4 volumes in-8° avec figures dans le texte . . . . **36 fr.**

Précis de Chimie analytique, *Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais,* par **J.-A. MULLER,** docteur ès sciences, professeur à l'Ecole supérieure des Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché . . . . **8 fr.**


GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00060 4500

